

Aus dem
Institut für Rechtsmedizin
der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Die Wirkung von Coffein
auf das Reaktionsvermögen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
den Medizinischen Fachbereichen
vorgelegt von

Hans Georg Braun
aus Mainz

Mainz 1977

1979



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552622_0072

Aus dem
Institut für Rechtsmedizin
der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Die Wirkung von Coffein
auf das Reaktionsvermögen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
den Medizinischen Fachbereichen
vorgelegt von

Hans Georg Braun
aus Mainz

Mainz 1977



Fachbereichsdekan: Professor Dr. G.Mann

1.Gutachter: Professor Dr. F.Petersohn

2.Gutachter: Professor Dr. H.Leithoff

Inhaltsverzeichnis :

1.	Einleitung	
1.1.	Problemstellung	1
1.2.	Wirkungsprinzipien des Coffeins	2
2.	Material und Methode	
2.1.	Versuchspersonen	5
2.2.	Versuchsgetränk	9
2.3.	Wiener Reaktionsgerät	10
2.4.	Versuchsablauf	13
3.	Ergebnisse	
3.1.	Größe, Gewicht, Alter	17
3.2.	Reaktionszeiten	
3.2.1.	statistische Methode	17
3.2.2.	Coffeinwirkung	18
3.2.3.	Leistungsphasen und Coffein	19
3.2.4.	Leistungsphasen und verschiedene Coffeindosen	21
3.2.5.	Beschreibung der Reaktionszeiten	24
3.2.6.	Unterschiede zwischen den einzelnen Tests	27
3.2.7.	"Versager"	28
3.3.	Fehler	29
3.4.	mittlerer täglicher Coffeingenuß	
3.4.1.	Ergebnisse der Befragung	30
3.4.2.	regelmäßiger Coffeingenuß und Reaktionszeit	
3.4.2.1.	Verteilung der Probanden	36
3.4.2.2.	statistische Prüfung	38
3.4.2.3.	Hinweis zu den Phasen der Leistungsbereitschaft	40
3.4.2.4.	Coffeingenuß und Fehlerzahl	41
3.5.	Rauchgewohnheiten	41
3.6.	Konstitutionsuntersuchung	41
3.7.	Beurteilung der Pupille	43
3.8.	Blutdruck und Pulsfrequenz	44
3.9.	Einschätzung des Befindens	45

4.	Diskussion	48
4.1.	Methodenkritik	48
4.2.	Besprechung der Ergebnisse	
4.2.1.	Vergleich mit den vorläufigen Normwerten	55
4.2.2.	Phasen der Leistungsbereitschaft	57
4.2.3.	Ergebnisse, die unter Berücksichtigung der täglichen Coffeinaufnahme gefunden wurden	59
4.2.4.	Ergebnisse, die ohne Berücksichtigung der täglichen Coffeinaufnahme gefunden wurden	67
4.2.5.	das Verhalten der vegetativen Parameter	69
4.2.6.	subjektive Einschätzung des Befindens	71
4.3.	Beurteilung der Ergebnisse	72
5.	Zusammenfassung	75
	tabellarischer Anhang	76
	Literaturverzeichnis	86
	Danksagung	90
	Lebenslauf	91

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Kaffee und mit ihm sein Hauptwirkstoff am zentralen Nervensystem, das Coffein, erfreuen sich großer Beliebtheit, sowohl in der Allgemeinheit als Genußmittel als auch in der Forschung, deren Interesse am Coffein gerade von dessen zentralnervösen Wirkungen ausging (20).

Seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts hat das Coffein offenbar nichts an Faszination verloren, wie zahlreiche Veröffentlichungen zeigen. In zunehmendem Maße wurden seine Wirkungen auf einzelne Organe meßbar und damit einer statistischen Prüfung zugänglich gemacht (11, 17, 31, 36, 37).

Besonders erfolgreich war dieses Unternehmen an den Organen, an denen die Parameter ihrer Funktion als einzelne diagnostisch leicht zugänglich und erfaßbar sind; als Beispiele seien hier nur die Herzfunktion (31) und der Fett- und Kohlehydratstoffwechsel genannt (36, 37).

Deutlich schwieriger wird die Interpretation der Befunde bei den Organen, deren durch ein Pharmakon beeinflusste Einzelfunktionen keiner direkten Messung zugänglich sind, so daß nur komplex zusammengesetzte Leistungen beurteilt werden können.

Eine solche Leistung, das Reaktionsvermögen mit seinen Teilleistungen Reaktionsgeschwindigkeit und Fehlervermeidung, soll hier unter dem Einfluß von Coffein untersucht werden. Dabei liegt die Absicht zugrunde, die Wirkung des Coffeins nicht unter klinisch-pharmakologischen Bedingungen und zu ebensolchen Zwecken zu prüfen, sondern in der Versuchsanordnung die Umstände des täglichen Lebens, was Menge und Art der Aufnahme angeht, möglichst weit zu berücksichtigen, da die untersuchte

psychische Leistung gerade im täglichen Leben, zum Beispiel im Straßenverkehr oder in bestimmten Berufen, aber auch in experimentellen Situationen, zum Beispiel bei Gutachten oder Eignungstests, eine wichtige Rolle spielt.

Das Interesse an der Wirkung gerade des Coffeins ergibt sich aus der Beliebtheit und der weiten Verbreitung sowie dem gerade in die Richtung der Leistungsverbesserung zielenden Image des Kaffeegetränkes (11,19), das einen starken Placebo-Effekt wahrscheinlich macht. Darum wurde als Versuchsform der einfache Blindversuch gewählt.

1.2. Wirkungsprinzipien des Coffeins

Das Coffein hat vielfältige Wirkungen, die dosisabhängig fast sämtliche Organe betreffen. Dies rührt daher, daß Coffein als Inhibitor des Enzyms Phosphodiesterase die intrazelluläre Konzentration des zyklischen 3',5'-Adenosinmonophosphats (c-AMP) zu erhöhen vermag (5,15, 24,31,40).

C-AMP ist ein second transmitter vieler Hormone, die ihre Wirkung durch Senkung oder Erhöhung seiner Konzentration entfalten. Über eine Konzentrationserhöhung wirken zum Beispiel die beta-mimetischen Substanzen am kardiovaskulären System und das Glukagon auf die Glykogenolyse. Ebenso wird die Insulinsekretion durch c-AMP gesteigert, die Insulinwirkung am Zielorgan aber gehemmt. Verschiedene Hormone wirken über c-AMP auf die intrazelluläre Enzymsynthese ein. Der Umbau von Adenosintriphosphat zu c-AMP schließlich wird durch Adrenalin gefördert, in weit stärkerem Maße allerdings als durch Coffein (5,15).

Am zentralen Nervensystem von Klein-Nagern wurde besonders der Stoffwechsel der Monoamine untersucht, die

eine wichtige Rolle als zentralnervöse Überträgerstoffe spielen (5,15,38,39,40).

Coffein sensibilisiert die zentralen Rezeptoren für Catecholamin-Wirkungen (40) und erhöht den Gehalt des Gewebes an L-Dihydroxyphenylalanin (L-Dopa). Ebenso hemmt es den Abbau von Überträgerstoffen durch Hemmung der spezifischen Cholinesterase und der Aminooxidase (27). Die Beeinflussung weiterer Stoffwechselwege ist nachgewiesen (z.B. 18).

Bei der universellen Bedeutung aller dieser Wirkungen lassen sich bei dem relativ bescheidenen Stand des Wissens über die molekulare Biochemie des Gehirns keine Voraussagen über Verhaltensänderungen nach Coffeinaufnahme treffen. Zudem wurde in den angeführten Versuchen eine Dosierung von 20 - 25 mg/kg verwendet, wie sie der Mensch sich selbst höchst selten zuführt.

Bei etwas gröberer Betrachtung äußert sich die Coffein-Wirkung als corticale Enthemmung, die beim Kaninchen mit auf einer Dämpfung des "medialen Thalamus" beruht (27); durch höhere Dosen werden in absteigender Reihenfolge auch die Medulla oblongata und das Rückenmark stimuliert (31).

Eine sehr plastische Beschreibung der erlebten Coffein-Wirkung findet sich bei EICHLER (14). Bei der Lektüre wird aber sehr schnell die Schwierigkeit deutlich, die Parameter des klar erfaßbaren psycho-pharmakologischen Bildes meßbar zu machen.

Zusammengefaßt stellt sich daher die Frage: Ergeben sich im einfachen Blindversuch mit einer Testserie an einem Reaktionsgerät Hinweise dafür, daß das Coffein die Reaktionszeit und die Fehlerzahl unter Alltagsbedingungen beeinflusst? Als Parameter sollen berücksichtigt werden die Konstitution der Probanden, ihre gewohnheitsmäßige Coffeinaufnahme und als vegetative Parameter Pupillenweite und -reaktion, Blutdruck

und Pulsfrequenz. Situative Faktoren schlagen sich in einer Einteilung der Versuchspersonen nach Leistungsphasen nieder, ebenso wird eine Einschätzung des subjektiven Befindens durchgeführt.

2. Material und Methode

2.1. Versuchspersonen

Das Probandenkollektiv setzte sich aus 164 Männern im Alter zwischen 18 und 25 Jahren zusammen. Alle Versuchspersonen wurden persönlich auf ihre Bereitschaft zur Teilnahme hin angesprochen, und nur bei spontaner Zustimmung wurde der Versuch durchgeführt. Wurde die Frage nach einer Abneigung gegen Kaffee und/oder einem ärztlichen Verbot bejaht, verzichteten wir auf die Mitarbeit des Angesprochenen.

Auf diese Weise wurde versucht, ein möglichst homogenes Kollektiv mit durchschnittlich hoher Motivation zu erhalten, da das Ergebnis der durchgeführten Versuche entscheidend von der Mitarbeit der Versuchspersonen abhängt. Dies zu erreichen, schien eine auf spontanes Interesse gegründete Motivation am geeignetsten.

Zu Versuchsbeginn wurden Körpergröße in cm, Gewicht in kg und Alter in Jahren notiert. Bei Versuchspersonen, die ihre Größe und ihr Gewicht nicht in dieser Genauigkeit angeben konnten, wurde nachgemessen bzw. - gewogen.

Vor Trinken des Kaffees wurden die Pupillenweite und die Pupillenreaktion in der klinisch üblichen Weise erfaßt. Klassifiziert wurde die Pupillenweite nach den Graden weit, mittel und eng. Die Einteilung der Pupillenreaktion auf Licht erfolgte in den Abstufungen kaum, mittel und vollständig.

Blutdruck und Pulsfrequenz der Probanden wurden mit der klinisch üblichen Methode und Genauigkeit zu den drei Zeitpunkten

t_1 = vor Trinken des Kaffees

t_2 = nach dem Trinken vor Beginn der Testserie

t_3 = nach der Testserie am Versuchsende

gemessen.

Nach der Methode von CONRAD (10) wurde eine Konstitutionsbestimmung durchgeführt. Diese gliedert sich in eine Bestimmung des Metrikindex nach STROMGREN (10) und eines Plastikindex.

Der Metrikindex wird in eine Skala von 9 ineinander übergehende Proportionstypen transformiert. Der Typ A stellt den pyknomorphen Extremtyp dar, der Typ I den leptomorphen Typ am anderen Ende der Skala. Der Typ E bildet formal den Mitteltyp dieser Einteilung. Über das Extrem hinausgehende Proportionen können den Klassen Ultra-A bzw. Ultra-I zugeteilt werden.

In den Plastikindex gehen die Schulterbreite, der maximale Unterarmumfang und der Handumfang als Summanden ein. Die Indizes werden wiederum in 9 Klassen zusammengefasst mit dem Mitteltyp 5 und den Extremen 1= hypoplastisch und 9= hyperplastisch. Auch hier bestehen zwei Sammelklassen für Überextreme, Ultra-1 und Ultra-9.

Die Uhrzeit des Versuchs wurde mit den Probanden so abgestimmt, daß sich in jeder Gruppe die Leistungsbereitschaft der Einzelnen, in ihrer Tagesrhythmik durch die Uhrzeit ungefähr bestimmbar, gleich mittelte. Zur Bestimmung dieser Uhrzeiten legten wir eine Kurve der physiologischen Leistungsbereitschaft zugrunde (33).

In der Zeit zwischen 8 und 17 Uhr, in der alle Versuche durchgeführt wurden, ergab sich folgende Einteilung: eine relativ hohe Leistungsbereitschaft zwischen 8 und 11 Uhr, im Folgenden Phase 1 genannt, eine Zeit der mittleren Leistungsbereitschaft zwischen 11 und 13 bzw. 15 und 17 Uhr (Phase 2) und die Phase 3 der niedrigen Leistungsbereitschaft zwischen 13 und 15 Uhr.

Bezogen auf das Tagesmittel ist die Leistungsbereitschaft während all dieser Zeiten überdurchschnittlich hoch, die Qualifikation somit nur als relative zu verstehen. Nur in Phase 3 erreicht sie als relativen

Tiefpunkt den Tagesdurchschnitt.

Nach Abschluß der Versuche fand sich folgende Aufteilung: Phase 1 : 10 Versuchspersonen in jeder Gruppe,

Phase 2 : 19 Versuchspersonen in jeder Gruppe,

Phase 3 : 12 Versuchspersonen in jeder Gruppe.

In den Fällen, in denen die Versuchszeit die Phasengrenzen überschritt, wurde der Proband der Phase zugerechnet, in der er den längeren Teil des Testprogramms absolviert hatte.

Um die psychische Lage der Probanden in einigen Parametern zu erfassen, wurde ein Fragebogen entworfen. Die Antwortmöglichkeiten "ja", "nein" und "kann ich nicht entscheiden" standen offen auf die Frage: "Fühlen Sie sich 1.angeregt?, 2.müde?, 3.nervös?, 4.entspannt?, 5.aufgeregt?, 6.konzentriert?", und waren entsprechend anzukreuzen. Diese Stimmungen sind sehr stark dem subjektiven Empfinden der Versuchsperson unterworfen und daher kaum eindeutig zu definieren. In der Auswertung wurden dann Paare (1/2, 3/4, 5/6) zusammengefaßt, da sich die darin bezeichneten Stimmungen bis zu einem gewissen Grade, der wieder vom subjektiven Empfinden des Probanden abhängt, gegenseitig ausschließen können. So ist eine Stimmung besonders stark dann ausgeprägt, wenn die entsprechende Frage mit "ja" und die Frage nach dem relativen Gegenpol mit "nein" beantwortet wird. Mit jedem Paar läßt sich so ein Parameter der allgemeinen Stimmungslage erfassen, wenn auch die Unsicherheit der Definition in die Antworten mit eingeht.

Diese Einschätzung des Befindens wurde ebenfalls zu den unter 2.1. angegebenen Zeitpunkten t_1 , t_2 und t_3 durchgeführt, und zwar sowohl von der Versuchsperson als auch vom Versuchsleiter, der feststellt, daß in t_2 und t_3 kein Vergleich mit der vorangegangenen Einschätzung und damit keine Entscheidungshilfe bei schwer Entschlossenen möglich war.

Die Versuchspersonen wurden nach der Menge ihres

regelmäßigen Coffeingenusses befragt. Daraus wurde die Menge des täglich aufgenommenen Coffeins geschätzt. Dabei lagen folgende Coffeingehalte zugrunde: 1 mittelgroße Tasse Kaffee oder schwarzer Tee schwach 50 mg, mittelstark 100 mg, stark 150 mg (1, 11, 14, 27, 30, 31); Cola etwa 100 mg/l (3, 31). Als Vergleich für eine mittelgroße Tasse wurde das im Versuch verwendete Gefäß mit 150 ml Rauminhalt herangezogen.

Ebenso wurde die Verteilung der coffeinhaltigen Getränke auf den Tag eruiert sowie nach Gründen für bzw. gegen den Genuß von Kaffee und nach eventuellen Nebenwirkungen gefragt. Wenn die Aufnahme von Coffein weder pro Tag noch pro Woche zu quantifizieren war, wurde sie nach den Kriterien "gelegentlich" oder "selten" klassifiziert und ging nicht in die Schätzung des regelmäßigen Coffeingenusses ein.

Die Versuchspersonen wurden auch nach ihren Rauchgewohnheiten befragt. Dabei wurde nach Art der Tabakwaren unterschieden, und die Menge wurde notiert.

Die Probanden wurden gebeten, 12 Stunden vor Versuchsbeginn kein Coffein, sei es in Form von Kaffee, schwarzem Tee oder Cola, mehr zu sich zu nehmen. Diese Zeitspanne erschien ausreichend, im Körper noch vorhandenes Coffein so gut wie vollständig auszuschcheiden (11, 25). Die gleiche Bitte betraf auch den Genuß von Alkohol.

Die Einhaltung dieser Bedingungen wurde durch eine Nachfrage vor Versuchsbeginn kontrolliert und der Versuch nur nach entsprechender Enthaltensamkeit durchgeführt.

Während des Versuches bestand ein Rauchverbot.

2.2. Versuchsgetränk

Die Versuchspersonen wurden in zufälliger Reihenfolge auf vier Gruppen (I,II,III,IV) verteilt. Die Gruppen I und II waren die Kontrollgruppen. In Gruppe I erhielt jeder Proband 2, in Gruppe II 4 Tassen coffeinfreien Kaffee. In den Versuchsgruppen III und IV erhielten sie je 2 bzw. 4 Tassen coffeinhaltigen Kaffee.

Das mittlere Volumen einer Tasse betrug 130 ml. Zur Herstellung des Getränkes wurde eine Kaffeemaschine mit entsprechender Fasseneinteilung benutzt.

Die Zubereitung erfolgte mit zwei einheitlichen Chargen eines löslichen Pulverkaffees ("Nescafé Gold" und "Nescafé Gold koffeinfrei"). Diesem Getränk wurden auf je zwei Tassen 15 Gramm Kondensmilch (23 % fettfreie Milchtrockenmasse, 10 % Fettgehalt) zugesetzt, was der von der Herstellerfirma vorgesehenen Menge pro Tasse entspricht. Ziel dieser Maßnahme war es, den Verlauf des Coffein-Blutspiegels möglichst einem Plateau anzunähern, das während der Zeit des Versuches andauern sollte. Dies erreicht zu haben, erscheint uns nach der Mitteilung LEUSCHNERS (25) wahrscheinlich. Eine laborchemische Überprüfung dieses Sachverhalts wurde allerdings nicht durchgeführt.

Pro Tasse wurden 1,5 g Kaffeepulver in heißem Wasser gelöst. Diese Menge füllt einen flach gehäuftten Kaffeelöffel, was eine mittlere Dosierung gemäß der Empfehlung der herstellenden Firma bedeutet, einen "mehr oder weniger gehäuftten Kaffeelöffel" (Zitat nach Etikett) für eine Tasse zu verwenden.

Das ergibt bei einem Coffeingehalt von $2,7 \pm 0,1$ % des "Nescafé Gold" und einem Restgehalt von noch $0,15 \pm 0,03$ % des "Nescafé Gold koffeinfrei" (private Mitteilung der Firma Nestlé 1977) in den Versuchsgruppen $40,5 \pm 1,5$ mg und in den Kontrollgruppen $2,25 \pm 0,45$ mg

Coffein in jeder Tasse des Versuchsagetränks. Dieser Restcoffeingehalt erscheint, gemessen an therapeutischen Dosen (31), zu klein, als daß er irgendeine meßbare Wirkung hervorbringen könnte.

In den Versuchsgruppen resultierten somit bei einem mittleren Körpergewicht von etwa 72 kg Dosierungen von ungefähr 1,1 mg/kg und 2,2 mg/kg. Die Schwankungsbreite dieser Angabe ist mit 15 % naturgemäß hoch, da von vornherein nicht auf das Körpergewicht bezogen dosiert wurde, sondern global 81 bzw. 162 mg pro Versuchsperson verabreicht wurden.

Während die Beifügung von Milch obligat von den Probanden toleriert werden mußte, wurde ein Saccharinpräparat zum Süßen nach Belieben angeboten. Im Falle der Verwendung wurde diese registriert.

2.3. Wiener Reaktionsgerät

Die Reaktionszeiten wurden mit dem "Wiener Reaktionsgerät" der Firma Schuhfried, Wien, gemessen. Dieses Gerät besteht aus einer signalgebenden und einer Meßeinheit mit digitaler Zeitanzeige, die in einem Gehäuse vereinigt sind. Die Signale erscheinen auf einer hiervon getrennten, mobilen "Reaktionstafel", an der ein Lautsprecher, zwei Lämpchen, weiß und rot, sowie eine Drucktaste angeordnet sind.

Der prinzipielle Ablauf ist nun folgender: Das Gerät erzeugt auf der Reaktionstafel ein Signal, das heißt, einen Ton oder eins der beiden Lichter. Gleichzeitig beginnt die Zeitmessung und mit ihr die Reaktionszeitanzeige zu laufen. Der entsprechend instruierte Proband drückt auf die Taste der Reaktionstafel und stoppt damit Signal, Uhr und Anzeige. Von der digitalen Anzeige kann nun die Reaktionszeit in 1/100 sec abgelesen wer-

den. Die Anzeigedauer ist konstant, so daß sich die Anzeige vor oder mit dem nächsten Signal, je nach dessen zeitlichen Abstand, selbsttätig auf Null zurückstellt.

Von einem "Gesamt"-Zählwerk wird jede Aktion der Versuchsperson an der Taste registriert. Da die Möglichkeit besteht, falsch zu reagieren, gibt es ein zweites "Richtig"-Zählwerk, das nur die Reaktionen des Probanden auf das eingestellte Signal registriert. Die Differenz dieser beiden Anzeigen ergibt die Fehlerzahl der Versuchsperson.

Diese bisher erwähnten Informationen: Reaktionszeit, Zahl aller und der richtigen Reaktionen können auch durch ein weiteres Gerät ausgedruckt werden, was bei 83 von den 164 Versuchen auch erfolgte; in der restlichen Zeit stand der Drucker wegen einer Reparatur nicht zur Verfügung, so daß die Speicherung der Daten durch Mitschreiben erfolgen mußte.

Als Fehler wurden gezählt: Reaktionen auf ein falsches Signal (s.u.), solche ohne direkten Anlaß aus dem Test, zum Beispiel auf das Zurückschalten der Reaktionszeitanzeige auf Null, oder solche ohne überhaupt erkennbaren Anlaß.

Als weitere Information über die Reaktionszeiten wurden "Versager" definiert und jeweils notiert. Als Versager galt jede Reaktionszeit über 60/100 sec. Dieser Grenzwert wurde gewählt, weil er nach den vorliegenden Normen (s.u.) nahe oberhalb der 90. Perzentile der Werte aus dem langsamsten Test liegt.

Die Werte über 100/100 sec wurden gesondert berücksichtigt, da sich in einem solchen Fall die Stoppuhr selbst nach einem kürzeren oder längeren Intervall anzuhalten pflegte. Danach wird eine eventuell noch erfolgte Reaktion nicht als richtig gezählt, sondern erscheint nur in der "Gesamt"-Anzeige, ein Sachverhalt, der bei der Bestimmung der Fehlerzahl zu berücksichtigen war. So

gingen alle Reaktionszeiten über 100/100 sec als 100/100 sec in die Notierung ein.

Die Signalausgabe kann in verschiedener Art und Weise programmiert werden. Das Programm als solches läuft dann aber unverändert ab, ist also von Versuch zu Versuch einwandfrei reproduzierbar.

Das Gerät bietet als Programme zwei solitäre Signale und zwei Signalkombinationen an. Es handelt sich um ein weißes Licht (Programmtaste F), um einen Piepston (Programmtaste T), um die Kombination weißes/rotes Licht (Programmtaste FF) und um die Kombination weißes Licht/Ton (Programmtaste FT). Bei den Kombinationen gibt das Gerät intermittierend, jedoch von Versuch zu Versuch ebenfalls konstant, auch falsche Signale ab, als da wären rotes oder weißes Licht oder Ton allein oder die jeweils nicht eingestellten Zweierkombinationen. Eine Kombination aller drei Signale taucht nicht auf.

Zur Änderung der Signalzahl pro Test sind die Tasten mit der Bezeichnung U vorgesehen. Grundsätzlich kann jede beliebige Anzahl mit der Taste U₀₀ eingestellt werden. Das Gerät wiederholt dann Anzahl und Reihenfolge der Signale in U₁ (s.u.) beliebig oft, so daß der Versuchsleiter das Gerät nach der gewünschten Anzahl abschalten muß.

U₁, die programmierbare Grundeinheit, bietet folgende Signalzahlen: für Licht oder Ton 14 ohne falsche Signale; für die oben beschriebenen Kombinationen insgesamt 23 Signale, davon 8 richtige und 15 falsche in konstanter Reihenfolge.

Bei den Programmen U₁, U₂ und U₆ schaltet sich das Gerät nach Erreichen der ein-, zwei- oder sechsfachen Anzahl selbsttätig ab. Dies wird durch das Erlöschen einer grünen Kontrollampe kenntlich gemacht, die vom Start des Programms an gelehuchtet hat.

Für diese Untersuchung schien die durch U₁ festgelegte Anzahl von Signalen ausreichend.

Die Abstände zwischen den einzelnen Signalen haben ein jeweils konstantes Verhältnis, können aber in ihrer absoluten Dauer verändert werden. Hierzu dienen die Tasten D1, D2, D3 und D4. Die Dauer des einfachen Tests U1 beträgt mit D1 etwa 90 sec und mit D3 etwa 16 min bis zum Abschalten des Gerätes. Das Verhältnis dieser beiden hier verwendeten Zeiten ist ungefähr 1 : 100.

Mit jeder Versuchsperson wurde folgendes Testprogramm durchgeführt: D1FU1, D1TU1, D1FFU1, D1FTU1, D3FU1, D3TU1, D3FFU1 und D3FTU1. Diese Reihenfolge wurde konstant beibehalten. Wie man sieht, handelt es sich bei dieser Zusammenstellung um zwei Durchgänge mit jeweils qualitativ identischen Versuchen, wobei nur die Signalabstände verändert werden.

2.4. Versuchsablauf

Kurz vor Eintreffen des Probanden wurde der Kaffee entsprechend der zufällig erfolgten Gruppenzuteilung gekocht. Die Gesamtmenge Kondensmilch wird dem Kaffee in der Kanne zugegeben und durch Umrühren gleichmäßig verteilt.

Nachdem der Proband vor dem Gerät Platz genommen hat, werden Blutdruck und Puls zum ersten Mal gemessen; die Pupille wird auf Weite und Lichtreaktion untersucht, dann erfolgt die erste Einschätzung des Befindens.

Der Versuchsperson wird nun mitgeteilt, wieviele Tassen Kaffee sie zu trinken bekomme; entsprechend den Regeln des einfachen Blindversuchs wird immer behauptet, es handle sich um "richtigen", das heißt coffeinhaltigen Kaffee. Süßstoff wird wahlweise zur freien Bedienung angeboten und eine eventuelle Verwendung registriert.

Die Versuchsperson wird instruiert, sich für jede Tasse 10 Minuten Zeit zu lassen und das Getränk in kleinen Schlucken möglichst gleich über diese Zeitspanne zu

verteilen. So versuchten wir, einen möglichst naturgetreuen, aber doch normierbaren Ablauf vergleichbar dem üblichen Verhalten beim Kaffeetrinken zu erreichen.

Mit dem ersten Schluck des Probanden beginnt der zeitlich festgelegte Teil des Versuchs, der bis Versuchsende dauern wird.

Während der Proband nun Kaffee trinkt, wird er nach Größe und Gewicht befragt; in unsicheren Fällen wird nachgemessen bzw. -gewogen. Die Konstitutionsbestimmung wird durchgeführt. Dann kommen Fragen nach den Rauchgewohnheiten und einer aktuellen oder chronischen Medikation inklusive Rauschgiftgenuß. Schließlich gibt die Versuchsperson Auskunft über ihre Kaffeetrinkgewohnheiten bezüglich Menge, Verteilung auf den Tag, Gründen und Nebenwirkungen.

Wenn der Kaffee getrunken ist, das ist in Gruppe I und III nach 20, in Gruppe II und IV nach 40 Minuten, werden wieder Blutdruck und Pulsfrequenz gemessen sowie die Einschätzungen des Befindens durchgeführt.

Die jetzt folgenden Zeiten differieren also wie eben gezeigt zwischen den Gruppen mit 2 und 4 Tassen Kaffee um 20 Minuten, wenn man von Trinkbeginn an rechnet. Im Folgenden wird darum nur die Dauer der einzelnen Versuchsteile in Klammern angegeben.

Nun wurde der Proband über die Arbeitsweise des Gerätes aufgeklärt und aufgefordert, mit dem Zeigefinger seiner Arbeitshand fest und möglichst senkrecht auf die Reaktionstaste zu drücken, um ein Verkanten und/oder Kleben der Taste zu vermeiden.

Dann werden die einzelnen Signale - weißes und rotes Licht, Ton - demonstriert mit dem Hinweis, daß in den verschiedenen Tests das jeweils zutreffende Signal vorher noch einmal gezeigt werde.

Um nachzuprüfen, ob der geschilderte Testablauf im Prinzip verstanden wurde, wird die Versuchsperson nun gebeten, jedesmal so schnell wie möglich auf die Taste zu

drücken, wenn sie den Piepston höre. Dazu ließen wir die ersten drei Signale des Programms D1TU1 ablaufen, das dann von Hand gestoppt wurde. So bestand die Möglichkeit, den Probanden unter Umständen noch etwas anzuspornen, etwa mit den Worten "Das geht, glaube ich, noch viel schneller", wenn seine Reaktionszeit deutlich verlangsamt erschien. Diese Ermahnung war bei dem hier getesteten Kollektiv nur einige wenige Male vonnöten.

Sodann wird erklärt, daß jetzt der erste Test folge; das einzige Signal, auf das reagiert werden müsse, sei das weiße Licht, und es kämen keine anderen Signale vor. Das weiße Licht wird nochmals demonstriert.

Bis hierher sind nach Trinkende 5 Minuten vergangen. Die letzten Sekunden vor Testbeginn werden nach Art eines count-down angesagt, nach den Worten "Achtung - läuft" wird das Programm D1FU1 eingeschaltet.

Dieses schaltet sich nach 1,5 min ab; nach entsprechender Instruktion, Demonstration und Ansage (0,5 min) läuft das Programm D1TU1 (1,5 min) ab.

Für das jetzt folgende Programm D1FFU1 werden auch alle falschen Signale demonstriert, vorher und danach noch einmal die richtige Kombination weißes/rotes Licht (1,0 min).

Nach D1FFU1 (1,5 min) folgt nach ebenso ausgiebiger Anleitung (1,0 min) der Test D1FTU1 (1,5 min).

Nun kommt der Durchgang mit den Langzeitversuchen. Mit den Worten "Wir machen nun noch einmal dieselben Versuche wie eben, nur zeitlich gedehnt, so daß die Abstände zwischen den einzelnen Signalen länger werden" wird die Versuchsperson darauf vorbereitet.

Nach der Signaldemonstration für D3FU1 (1,0 min) läuft dieser Test (16 min) ab. Mit etwas kürzerer Instruktion folgen dann D3TU1 (16,5 min), D3FFU1 (17 min), schließlich D3FTU1 (17 min). Vor den beiden letzten Tests werden noch einmal die falschen Signale demon-

striert.

Die Testserie ist 76 min nach Trinkende beendet, auf den Beginn des Kaffeetrinkens bezogen also nach 96 Minuten in den Gruppen I und III, und nach 116 Minuten in den Gruppen II und IV.

Nun wird zum letzten Mal Blutdruck gemessen, die Pulsfrequenz ermittelt sowie der Fragebogen zur Einschätzung des persönlichen Befindens ausgefüllt.

Damit ist der ganze Versuch abgeschlossen.

3. Ergebnisse

3.1. Größe, Gewicht, Alter

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte von Größe, Gewicht und Alter mit Standardabweichung für die einzelnen Gruppen dargestellt.

Gruppe	Größe /cm/	Gewicht /kg/	Alter /a/
I	179,3 ± 6,52	73,0 ± 8,63	21,9 ± 2,7
II	180,3 ± 6,38	71,4 ± 8,88	21,5 ± 2,2
III	178,8 ± 6,09	71,3 ± 9,78	22,7 ± 3,3
IV	179,6 ± 6,51	70,4 ± 8,81	22,3 ± 3,3

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen

Die aufgetretenen Unterschiede zwischen den Gruppen sind in keinem Falle signifikant; bei der Überprüfung dieser Frage wurde eine Normalverteilung der Parameter angenommen und an dieser geprüft.

3.2. Reaktionszeiten

3.2.1. statistische Methode

Bei den Reaktionszeiten konnten wir nicht von vorneherein eine Normalverteilung annehmen. Deshalb wählten wir folgendes Vorgehen: Die Reaktionszeiten jedes Probanden in jedem einzelnen Test faßten wir in ihrem arithmetischen Mittel zusammen, so daß von jeder Versuchsperson acht Werte in die weiteren Berechnungen eingingen. Diese Werte finden sich in Tabelle 21 a-d im tabellarischen

Anhang. Dabei wurden Reaktionszeiten über 99/100 sec nicht berücksichtigt, da überlange Zeiten nicht von absoluten Versagern unterschieden werden konnten, weil sich die Uhr nach 99/100 sec irgendwann selbst anhielt. Solch lange Zeiten waren insgesamt sehr selten (siehe 3.2.7.), so daß der Informationsverlust durch diese Maßnahme als gering einzuschätzen ist.

Die Prüfung auf einen Unterschied dieser Werte zwischen einzelnen Gruppen erfolgte mit dem U-Test nach MANN und WHITNEY, einem parameterfreien Verfahren mit einer Effizienz von 95 %. War die Fallzahl in einer Gruppe oder Untergruppe (s.u.) größer als 19, prüfte ich am kritischen Wert u der GAUSSschen Normalverteilung, da ab dieser Fallzahl die Verteilung der Prüfgröße U mit hinreichender Genauigkeit in eine Normalverteilung übergeht (8).

Die untere Grenze einer sinnvollen Fallzahl für dieses Verfahren ist $n_1 = n_2 = 3$.

Als unterstes Signifikanzniveau der immer zweiseitig durchgeführten Prüfungen wählten wir 5 %.

3.2.2. Coffeinwirkung

Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, ob sich eine dosisunabhängige Wirkung des Coffeins nachweisen lasse. Zu diesem Zweck wurden beide Versuchsgruppen gemeinsam gegen die zusammengefaßten Kontrollgruppen in den acht einzelnen Tests geprüft. Hier ergab sich in keinem Falle ein signifikanter Unterschied. Die Fallzahl betrug in dieser Anordnung $n_1 = n_2 = 82$.

Sodann verglich ich die oben beschriebenen Gruppen mit je $n = 41$ Probanden miteinander, und zwar zunächst die zusammengehörenden Versuchs- und Kontrollgruppen, also I mit III und II mit IV. Auch hier war kein signi-

fikanter Unterschied nachweisbar. Der weitere Vergleich aller möglichen Paarungen dieser vier Gruppen brachte ebenfalls kein in diese Richtung zielendes Ergebnis.

In Tabelle 22 des Anhangs sind die bei den einzelnen Vergleichen errechneten u-Werte aufgeführt.

3.2.3. Leistungsphasen und Coffein

Da das bis hierher gewonnene Bild auf einer im Prinzip verschiedenartigen Wirkung des Coffeins während der einzelnen Leistungsphasen beruhen konnte, suchte ich einen solchen Zusammenhang zu verifizieren.

Ich teilte also die Mittelwerte aus den einzelnen Tests unter den zwei Kriterien der Phase 1, 2 oder 3 und der Coffeinaufnahme, dosisunabhängig ja oder nein, auf und erhielt so Fallzahlen von 20 (Phase 1), 38 (Phase 2) und 24 (Phase 3).

Um einen Einfluß dieser Phasen der Leistungsbereitschaft überhaupt erst nachzuweisen, erfolgten die Berechnungen zunächst innerhalb der Kontrollgruppen, die hier ja wieder zusammengefaßt und in Tabelle 2 mit "ohne" bezeichnet sind. Die arabischen Ziffern stehen für die Phase, wobei - wie oben beschrieben - 1 die hohe, 2 die mittlere und 3 die tiefe Phase bedeutet.

Darunter aufgeführt sind die analogen Berechnungen innerhalb der Versuchsgruppen; daran schließt sich der Vergleich aller Kontroll- mit allen Versuchsgruppen an.

Die Tabelle läßt erkennen, daß offenbar kein durch alle direkt nacheinander durchgeführten Tests durchgehender Effekt weder der Phasen, noch der Coffeinaufnahme zu erkennen ist. Die für die einzelnen Vergleiche berechneten u-Werte sind in Tabelle 22 des Anhangs zusammengestellt.

Zur Darstellung eines eventuell vorhandenen Pha-

vergl- chene Unter- gruppen	Test							
	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
o1/o2	-	2%o2	-	-	-	5%o2	-	-
o2/o3	-	-	-	-	-	-	-	-
o1/o3	-	-	-	-	-	-	-	-
m1/m2	-	-	-	-	-	5%m1	-	<u>2%m1</u>
m2/m3	-	-	-	-	-	-	-	<u>5%m3</u>
m1/m3	-	5%m1	-	-	-	-	-	-
o1/m1	-	5%m1	-	5%m1	<u>2%m1</u>	2%m1	-	<u>2%m1</u>
o1/m2	-	-	-	-	-	-	-	-
o1/m3	-	-	-	-	-	-	-	-
o2/m1	-	-	-	-	-	-	-	-
o2/m2	-	-	-	-	-	-	-	-
o2/m3	-	2%o2	-	-	-	-	-	-
o3/m1	-	-	-	-	-	5%m1	-	<u>5%m1</u>
o3/m2	-	-	-	-	-	-	-	-
o3/m3	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 2: Signifikanzprüfung,nach Phasen und Coffeingenuß getrennt.o = ohne Coffein,m = mit Coffein.
- heißt:kein Unterschied;Prozentzahlen bezeichnen das Signifikanzniveau,daneben steht die schnellere Untergruppe.Unterstreichungen s.u. im Text.

seneinflusses wurden hier 48 Berechnungen durchgeführt,von denen 6 = 12,5 % signifikant sind.Zum Nachweis des reinen Coffeieinflusses erfolgten 24 Berechnungen mit 5 = 20,8 % Signifikanzen.Der kombinierte Einfluß wurde an den restlichen sechs möglichen Paarungen mit wiederum 48 Berechnungen geprüft,wovon 3 = 6,25 % einen signifikanten Unterschied ergaben.

Von insgesamt 120 vergleichbaren Berechnungen ergeben also 14 = 11,7 % einen signifikanten Unterschied.Diese Unterschiede sind unsystematisch verteilt,so daß diese Ergebnisse am ehesten teils auf den Zufall,teils auf die Methodik des statistischen Tests als falsch positive Resultate zurückzuführen sind.

Immerhin mag auffallen,daß eine gewisse Häufung signi-

fikanter Unterschiede einmal bezogen auf die Untergruppe "mit 1" (zwei und vier Tassen Kaffee, hohe Leistungsbereitschaft) besteht; zum andern scheinen Tests bevorzugt, deren Signal zumindest eine akustische Komponente enthält.

Insgesamt aber besteht offenbar kein systematischer Einfluß, der aus Anzahl und Art der signifikanten Unterschiede erkennbar wäre.

3.2.4. Leistungsphasen und verschiedene Coffeindosen

Es soll nachgeprüft werden, ob vielleicht ein dosisabhängiger Unterschied bezüglich der Leistungsphasen besteht. Darum wurden die Untergruppen "ohne" nochmals aufgeteilt entsprechend den Kontrollgruppen I und II. Es ergeben sich sechs Untergruppen I;1, I;2, I;3, II;1, II;2 und II;3, wobei die arabische Ziffer wieder die Leistungsphase bezeichnet. Die Probandenzahlen sind nun 10, 19 und 12, wie unter 2.6. beschrieben.

Analog wurde mit den Gruppen verfahren, deren Versuchsgetränk Coffein enthalten hatte.

So ergaben sich aus jedem der Paare in Tabelle 3 vier neue zu prüfende Paarungen. Zur Erläuterung diene das erste Paar "ohne 1/ohne 2". Die Gruppe "ohne 1" zerfällt in I;1 und II;1, die Gruppe "ohne 2" in I;2 und II;2. Die nun durchzuführenden Berechnungen sind also $I;1/II;1$, $I;1/I;2$, $I;1/II;2$, $II;1/I;2$, $II;1/II;2$ und $I;2/II;2$.

Die Ergebnisse dieses Vorgehens zeigt Tabelle 3. Die Reihenfolge aus Tabelle 2 wurde sinngemäß beibehalten: zuerst der reine Phasenvergleich, dann alle möglichen Kombinationen von Phase und Coffeindosis.

Die in den Tabellen 2 und 3 unterstrichenen signifikanten Unterschiede finden in der jeweils anderen

verglichene Untergruppen	Test							
	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
I;1/ I;2	-	2% I;2	-	5% I;2	-	-	-	-
II;1/ II;2	-	-	-	-	-	-	-	-
I;2/ I;3	-	-	-	-	-	-	-	-
II;2/ II;3	-	-	-	-	-	-	-	-
I;1/ I;3	-	-	-	-	-	-	-	-
II;1/ II;3	-	-	-	-	-	-	-	-
I;1/ II;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / II;2	-	2% II;2	-	-	-	-	-	-
" / II;3	-	-	-	-	-	-	-	-
I;2/ II;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / II;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / II;3	-	-	-	5% I;2	-	-	-	-
I;3/ II;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / II;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / II;3	-	-	-	-	-	-	-	-
III;1/III;2	-	-	-	-	-	5%III;1	-	-
IV;1/ IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
III;2/III;3	-	-	-	-	-	-	-	-
IV;2/ IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
III;1/III;3	-	5%III;1	-	-	-	-	-	-
IV;1/ IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
III;1/ IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	2%III;1	-	-	-	5%III;1
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
III;2/ IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
III;3/ IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	5%IV;3	-	-	-

Tabelle 3a: Signifikanzprüfung,nach Phasen und Coffeindosis getrennt.
Sonstige Legende wie Tabelle 2.

Tabelle kein Korrelat.Dies dürfte seine Ursache in den verschiedenen Probandenzahlen haben,die sich ja wie 2 : 1 verhalten.Hier ist zweifellos die Interpretation anhand der Ergebnisse aus der größeren Gruppe,also Tabelle 2,sinnvoller.

Tabelle 3 ist aus räumlichen Gründen in zwei Teile a und b geteilt.Sie bietet ein ähnliches Bild wie Tabelle 2.Von 528 Berechnungen ergeben nur 20 = 3,8 % einen signifikanten Unterschied.

Auch hier ist wieder eine gewisse Häufung der Signifikanzen

verglichene Untergruppen	Test							
	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
I;1/III;1	-	5%III;1	-	2%III;1	-	2%III;1	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;1	-	5% IV;1	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	5%IV;3	5% IV;3	-	-
II;1/III;1	-	-	-	-	-	5%III;1	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
I;2/III;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	5%I;2	5% I;2	-	-	-	-	-	-
" / IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
II;2/III;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	-	5% II;2	-	-	5%II;2	-	-	-
" / IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
I;3/III;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-
II;3/III;1	-	-	-	2%III;1	-	-	-	-
" / III;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / III;3	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;1	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;2	-	-	-	-	-	-	-	-
" / IV;3	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 3b: Legende wie Tabelle 3a

erkennbar bei den Tests mit einem akustischen Parameter und bei der Untergruppe III;1, die in Tabelle 2 unter "mit 1" subsummiert war.

Aufs Ganze gesehen sind die hier dargestellten Unterschiede wieder zu selten und zu unsystematisch in ihrem Auftreten, als daß

man einen allgemein gültigen Schluß auf eine Wirkung der Leistungsphasen oder des Coffeins ziehen könnte.

Alle geprüften U-Werte zu den hier dargestellten Vergleichen finden sich in den Tabellen 23a und b des Anhangs.

3.2.5. Beschreibung der Reaktionszeiten

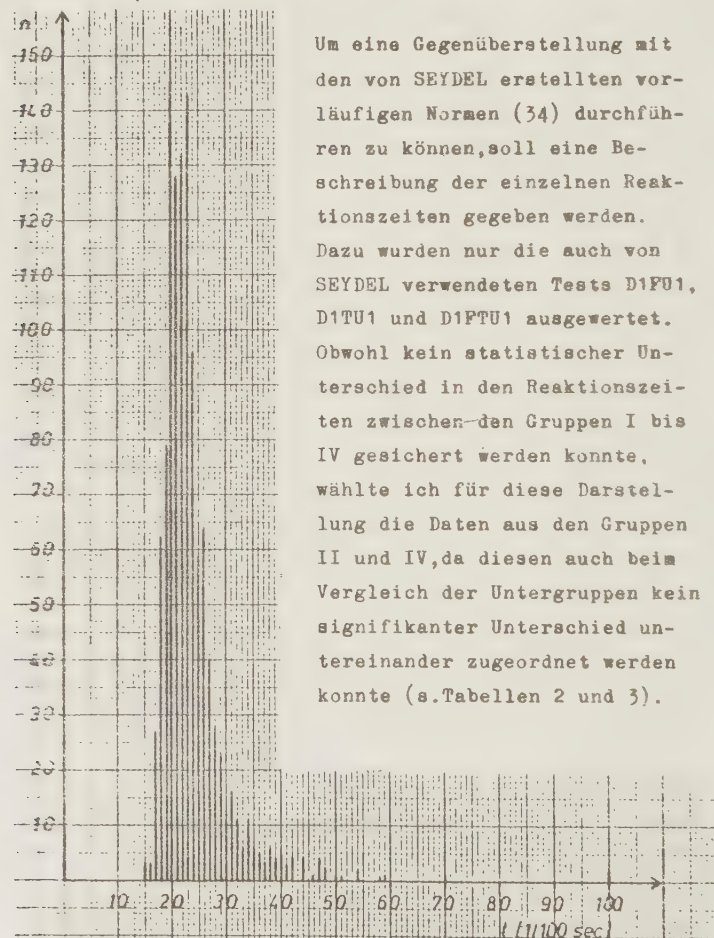


Abb. 1a D1FU1

Die Verteilung der einzelnen Reaktionszeiten von je 82 Probanden zeigt die Abbildung 1 a-c. Auf der Abszisse ist die Reaktionszeit in $1/100$ sec aufgetragen, auf der Ordinate die beobachtete absolute Häufigkeit. Die Gesamtzahl der zugrunde liegenden Reaktionen ist in D1FU1 und

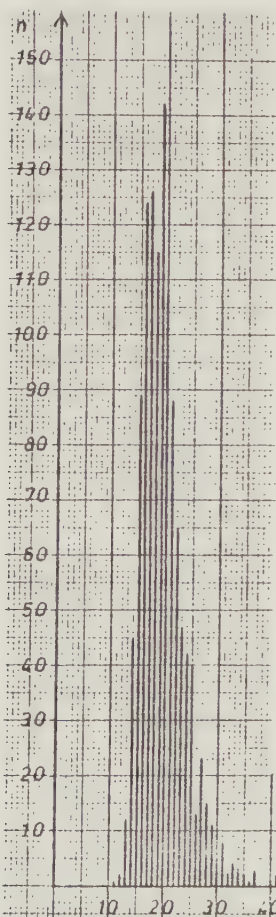


Abb. 1b D1TU1

D1TU1 $82 \text{ mal } 14 = 1148$, in D1FTU1 $82 \text{ mal } 8 = 656$. Gelegentliche Störungen führten dazu, daß einzelne Reaktionen nicht gewertet werden konnten, so daß sich folgende Gesamtzahlen ergeben: in D1FU1 1144 Reaktionen, in D1TU1 1142 und in D1FTU1 655.

Die drei Verteilungen zeigen eine Linksverschiebung des Gipfels, die in der mehr homogenen Verteilung in D1FTU1 weniger ausgeprägt ist.

Dies entspricht erwartungsgemäß der Tatsache, daß die Reaktionszeit nach unten hin durch die konstante Dauer der elektrophysiologischen Vorgänge der Reizaufnahme und Erregungsleitung und -verarbeitung begrenzt ist.

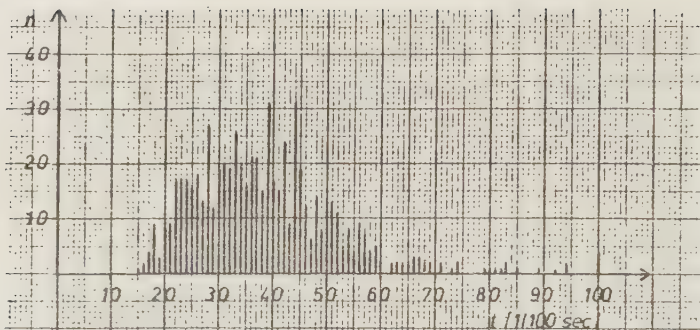


Abb. 16: D1FTU1

Die Verarbeitung von Wahlreaktionen, die die Entscheidung zwischen einem richtigen und einem falschen Signal beinhaltet, ist weitaus komplexer und daher auch störanfälliger, was sich in der größeren Streuung der Reaktionszeiten aus D1FTU1 ausdrückt.

PR	D1FTU1		D1TU1		D1FTU1	
	S	E	S	E	S	E
5	-	17,4	-	14,0	-	21,0
10	21,8	18,2	16,4	14,6	35,9	23,0
20	21,7	19,4	18,6	15,7	39,7	27,0
30	24,9	20,2	20,1	16,6	42,1	30,3
40	26,0	21,1	21,3	17,5	44,2	33,3
50	26,9	22,0	22,5	18,5	46,2	36,7
60	27,8	22,7	23,7	19,3	48,2	40,0
70	28,9	23,8	24,9	20,4	50,3	43,5
80	30,1	26,6	26,4	22,0	52,2	48,0
90	32,0	29,0	28,6	24,6	56,5	55,1
95	-	34,2	-	27,2	-	63,8

Tabelle 4: Verteilung der SEYDELSchen und eigener Werte nach Prozenträngen. Weitere Legende s.u. im Text.

Um den Vergleich mit den Angaben von SEYDEL durchführen zu können, berechnete ich die Prozentränge (PR) unserer eigenen Verteilung, aus denen zu ersehen ist, wieviel Prozent der gefundenen Werte unter bzw. über dem angegebenen Wert liegen.

Die Gegenüberstellung der beiden Verteilungen findet sich in Tabelle 4. Die Zeiten sind in 1/100 sec notiert, die vorläufigen Normen von SEYDEL sind mit S, unsere eigenen Werte mit E überschrieben. - bedeutet keine Angabe.

3.2.6. Unterschiede zwischen den einzelnen Tests

Um Unterschiede zwischen den einzelnen Tests beschreiben und überprüfen zu können, ermittelte ich zuerst die Medianwerte aller Mittelwerte aus den einzelnen Tests. In der untenstehenden Tabelle 5 sind unter diesen die entsprechenden Mediane des Versuchs- und des Kontrollkollektivs, mit "mit" und "ohne" bezeichnet, aufgeschrieben. Die Fallzahl ist jeweils $n = 82$.

Kol- lektiv	Test							
	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
alle	23,50	19,45	35,05	37,30	30,15	24,90	39,60	39,55
"ohne"	23,25	19,30	35,10	37,65	30,15	25,50	40,05	40,60
"mit"	23,50	19,65	34,80	37,25	30,15	24,60	39,55	39,50
m II	23,6	19,5	35,8	38,4	30,7	25,6	41,4	41,8

Tabelle 5: Mediane und Mittelwerte der Gruppe II (m II) in 1/100 sec.

Die hier auftretenden Unterschiede liegen deutlich unterhalb der Messgenauigkeit.

Um nun die Unterschiede zwischen den Tests exemplarisch zu erfassen, berechnete ich die arithmetischen Mittel pro Test aller Probanden der Gruppe II, die in der

vierten Zeile der Tabelle 6 unter $\bar{m}$ II aufgelistet sind. Die Wahl fiel auf die Gruppe II, weil diese bei der statistischen Prüfung der Untergruppen (Tabellen 3 und 4) die größte Homogenität der Reaktionszeiten gezeigt hatte.

Diese Mittelwerte liegen wegen der größeren Variabilität der Reaktionszeit nach oben erwartungsgemäß höher als die Mediane; der Unterschied beträgt jedoch maximal 2,25/100 sec, im Mittel nur 0,9125/100 sec.

Diese Werte prüfte ich mit dem t-Test für korrelierende Stichproben (7), der bis auf die Gegenüberstellung D3FFU1/D3FTU1 hochsignifikante Ergebnisse auf einem Niveau von 1 % und weniger lieferte. Bei der genannten Ausnahme konnte kein signifikanter Unterschied dargestellt werden.

3.2.7. "Versager"

In Tabelle 6 sind die gesondert definierten Reaktionszeiten, "Versager" und solche über 99/100 sec, aufgeführt (s.2.3.2.). Letztgenannte sind der Zahl der "Versager" in Klammern nachgestellt. Unter der Bezeichnung der Tests steht die Anzahl der zugrunde liegenden Reaktionen.

Gr.	Test							
	D1FU1 n=574	D1TU1 n=574	D1FFU1 n=328	D1FTU1 n=328	D3FU1 n=574	D3TU1 n=574	D3FFU1 n=328	D3FTU1 n=328
I	1	2	12 (4)	19 (2)	15 (4)	4	31 (3)	39 (3)
II	0	2	11 (1)	21 (3)	13 (4)	3 (1)	33 (2)	37 (1)
III	0	1	15 (2)	14 (4)	14 (3)	4 (2)	27 (5)	28 (2)
IV	3 (2)	2	2 (1)	14 (1)	12 (2)	2	24 (2)	43 (4)

Tabelle 6: Anzahl der "Versager", über 99/100 sec in ()
Gr. = Gruppe

Wie man sieht, sind "Versager" im Sinne der eingangs (2.5.2.) gegebenen Definition in dieser Versuchsanordnung relativ seltene Ereignisse. Ihr Anteil an der Gesamtzahl aller Reaktionen ($N = 14432$) beträgt 3,2 %, ihr Anteil an den besonders "versagerträchtigen" Auswahlreaktionen ($N = 5248$) ist 7,4 %.

Dieses relativ seltene Auftreten sowie die geringen Unterschiede zwischen den Gruppen ließen von einer weitergehenden statistischen Analyse keine verbindliche Aussage erwarten.

3.3. Fehler

Als zweiten, das Reaktionsvermögen charakterisierenden Parameter betrachteten wir die Anzahl der Fehler nach Demonstration der richtigen Reaktionsart.

Das Ergebnis dieser Bemühungen zeigt sich in der letztlich geringen Häufigkeit falscher Reaktionen. In den Nicht-Wahlversuchen F und T eine absolute Seltenheit, gelegentlich "reagierte" ein Proband auf das Erlöschen der Reaktionszeit-Anzeige oder irgendwelche Außengeräusche, reicht auch die Häufigkeit in den Provokationsversuchen FF und FT kaum zu einer Unterschiedsanalyse.

Gruppe	Test			
	D1FFU1	D1FTU1	D3FFU1	D3FTU1
I	49=8,0%	58=9,4%	85=13,8%	52=8,5%
II	43=7,0%	50=8,1%	81=13,2%	49=8,0%
III	46=7,5%	49=8,0%	93=15,1%	52=8,5%
IV	41=6,7%	42=7,2%	77=12,5%	56=9,1%

Tabelle 7: absolute und relative Häufigkeit von Fehlern in den Wahlreaktionstests

Die Fehlerzahlen sind in Tabelle 7 dargestellt. Die zugrunde liegende Anzahl der Möglichkeiten zu falschen Reaktionen ist die der falschen Signale pro Test, nämlich 15. Das ergibt pro Test und Gruppe $N = 615$. Die durchschnittliche relative Gesamthäufigkeit beträgt 9,4 %.

Obwohl vom ersten Eindruck her aussichtslos, prüfte ich die zwischen den Gruppen beobachteten Unterschiede auf Signifikanz, wozu ich den χ^2 -Test (8) einsetzte. Die statistische Prüfung gab dem ersten Eindruck Recht. Auch die weitere Aufspaltung des Materials entsprechend den Leistungsphasen ergab weder einen phasen-, noch einen coffeinspezifischen Effekt.

Auffällig ist allerdings die ungefähr um die Hälfte größere Fehlerzahl im Test D3FFU1, die dann im folgenden, dem letzten Test, wieder zum Durchschnitt der übrigen Versuche zurückkehrt. Es dürfte sich hierbei um eine für diesen Versuchsablauf typische Erscheinung handeln, die bei geänderter Reihenfolge der Tests verschwindet.

3.4. mittlerer täglicher Coffeingenuss

3.4.1. Ergebnisse der Befragung

Alle Versuchspersonen wurden nach Menge, Art und Nebenerscheinungen ihres Coffeingenusses befragt. In die folgende quantitative Beschreibung gingen nur die Angaben der Probanden ein, die regelmäßig, das heißt: in einer Frequenz von mehrmals täglich bis zu mindestens je einmal an vier Tagen der Woche, Coffein in irgendeiner Form zu sich nahmen.

Zunächst war von Interesse, welche coffeinhaltigen Getränke die Probanden zu sich nahmen. Dieses Ergebnis ist in Tabelle 8 dargestellt. Die Prozentzahlen beziehen

Getränk	regelmäßig	unregelmäßig
nur K	70 = 42,7 %	2 = 1,2 %
nur T	16 = 9,8 %	2 = 1,2 %
nur C	5 = 3,0 %	3 = 1,8 %
K + T	34 = 20,7 %	2 = 1,2 %
K + C	16 = 9,8 %	3 = 1,8 %
T + C	0	1 = 0,6 %
K + T + C	6 = 3,7 %	2 = 1,2 %

Tabelle 8: Frequenz coffeinhaltiger Getränke.
K=Kaffee, T=schwarzer Tee, C=Cola

sich auf die Gesamtzahl der Probanden. Nachzutragen sind zwei Versuchspersonen, die angaben, nie irgendwelche coffeinhaltigen Getränke zu sich zu nehmen.

Als nächste beschäftigte uns die Frage, zu welchen tageszeitlichen Gelegenheiten diese Getränke genossen würden. Deshalb wurden alle Probanden nach der Verteilung ihrer Coffeinaufnahme auf den Tag befragt. Da einige Versuchspersonen wahlweise Kaffee oder Tee, von Gelegenheit zu Gelegenheit verschieden, zu sich nahmen, wurde dies in Tabelle 9 in der Spalte K o. T gesondert berücksichtigt. Unter "im Laufe des Nachmittages" wird der Zeitraum zwischen Mittag- und Abendessen verstanden; eine Unterscheidung zwischen "direkt nach dem Mittagessen" und "nachmittags zum Kaffee (!)" wurde nicht vorgenommen, da diese beiden Anlässe sowohl in der Tageszeit als auch im Verhalten des Einzelnen kontinuierlich ineinander übergehen.

Die Bezeichnung der fünften Zeile "diffus" bedeutet, daß zum Genuß der coffeinhaltigen Getränke keine besondere Tageszeit zum Anlaß genommen wurde.

In die folgende Tabelle 9 gingen nur die Aussagen der Probanden ein, die regelmäßig coffeinhaltige Getränke zu sich nahmen (s. Tabelle 8). Die Gesamtzahl der Nennungen dieser Versuchspersonen beträgt 272, woraus hervorgeht, daß die Mehrzahl der Probanden zwei oder mehr Gelegenhei-

Tageszeit	Getränk			
	K	T	C	K o. T
zum Frühstück	95=64,6%	22=15,0%	0	6=4,1%
im Laufe des Vormittags	8= 5,4%	4= 2,7%	0	2=1,4%
im Laufe des Nachmittags	58=39,5%	4= 2,7%	1= 0,7%	3=2,0%
zum u./o. nach dem Abendessen	7= 4,8%	15=10,2%	2= 1,4%	0
diffus	6= 4,1%	11= 7,5%	27=18,4%	1=0,7%

Tabelle 9: tageszeitliche Verteilung des Coffeingenusses von n=147 Probanden. Die Prozentangaben beziehen sich auf diese Zahl.

ten pro Tag zum Genuß coffeinhaltiger Getränke wahrnahm.

Dieser Sachverhalt findet sich noch einmal zusammengefaßt in der ersten Spalte der Tabelle 10, wo die Anzahl der Leute aufgeführt ist, die zu dem jeweiligen Anlaß Coffein aufnahmen. Weiter ist dort dargestellt, wie

Tageszeit	n	$\bar{m}$	min. - max.
zum Frühstück	123 = 83,7 %	220 mg	50 - 450 mg
im Laufe des Vormittags	14 = 9,5 %	140 mg	100 - 450 mg
im Laufe des Nachmittags	66 = 44,9 %	240 mg	50 - 900 mg
zum u./o. nach dem Abendessen	24 = 16,3 %	230 mg	20 - 1050 mg

Tabelle 10: mittlere Coffeindosis pro Anlaß. Prozentzahlen bezogen auf n=147 Probanden

groß die einzelnen Coffeindosen nach unserer Schätzung sein dürften, die die Probanden bei den einzelnen Gele-

genheiten zu sich nahmen. Dazu habe ich das arithmetische Mittel $\bar{m}$ ausgerechnet sowie die geringste (min.) und die größte (max.) Dosis pro Anlaß aufgeführt. Nach Getränken wurde nicht mehr unterschieden, ebenso wurde die Zeile "diffus" nicht mehr berücksichtigt, da es bei schwankender und protrahierter Aufnahme fast unmöglich wird, die Kinetik des aufgenommenen Coffeins zu beurteilen.

Schließlich interessierten uns die Gründe für bzw. gegen den Genuß von Kaffee und dessen Nebenwirkungen. Andere coffeinhaltigen Getränke wurden bei dieser Fragestellung nicht berücksichtigt.

Grund	n
Geschmack	52 = 44,1 %
Anregung	41 = 34,7 %
soziale Gründe	29 = 24,0 %
Gewohnheit	23 = 19,5 %
Abhängigkeit	4 = 3,4 %
weil er warm ist	4 = 3,4 %
er ist schnell u./o. einfach zuzubereiten	4 = 3,4 %
weil er zur Zigarette schmeckt	2 = 1,7 %
er macht weniger aggressiv als Tee	1 = 0,8 %
zur Anregung des Stuhlgangs	1
zur Beruhigung	1
zum Einschlafen	1
zur Appetithemmung	1
damit etwas im Bauch ist	1
aus Durst (!)	1
gegen Langeweile	1
paßt zum Frühstück	1

Tabelle 11: Gründe für Kaffeegenuß von n=118 Probanden

Gründe für den Kaffeegenuß nannten 118 Personen, Gründe dagegen 26. Von den restlichen 20 Versuchspersonen war trotz

dann dringlicherer Befragung keine verbindliche Aussage zu erlangen.

Der Unterschied zwischen einem Grund gegen den Genuß von Kaffee und einer Nebenwirkung, trotz derer das Kaffeetrinken fortgesetzt wird, ist größtenteils nur graduell, das heißt, er hängt davon ab, ob die Stärke des auftretenden Phänomens ausreicht, eine genügend starke Motivation gegen die Aufnahme von Kaffee auszulösen.

Grund	n
Geschmack	18
Gewohnheit	5
Magenbeschwerden	4
Bluthochdruck	2
keine Zeit	2
Herzklopfen	1
Schlafstörungen	1
zu starke Anregung	1
weil ich aus Philosophie nur Tee trinke	1
Aufregung	1

Tabelle 12: Gründe gegen jeglichen Kaffeegenuß von n=26 Probanden

Wie man aus den Tabellen 11 - 13 leicht ersieht, waren auch hier Mehrfachnennungen die Regel. Dies ging so weit, daß drei Probanden ausgesprochen bivalent formulierten, also etwa "auf Kaffee wird mir schlecht, aber ich trinke ihn, wenn ich welchen angeboten bekomme".

In der Formulierung der Gründe habe ich mich möglichst an den von den Befragten verwendeten Wortlaut gehalten, so daß zum Beispiel die Unterscheidung zwischen Gewohnheit und Abhängigkeit der frei formulierten Einschätzung der Versuchspersonen und nicht etwa meiner Interpretation entspringt. Nur die sozialen Gründe sind

stark zusammengefaßt. Sie erstreckten sich in der originalen Formulierung sehr weit vom Konkreten - "weil die Frau immer Kaffee trinkt", "weil es zuhause nichts anderes gibt" - bis zu recht abstrakten Motivationen: "aus Tradition" oder "weil es gesellschaftliche Norm ist". Zu "Geschmack" bleibt anzumerken, daß hier Positiv- und Negativauswahlen subsummiert sind.

Es fällt auf, daß der Geschmack des Kaffeegetränkes in der Häufigkeit der Nennungen noch vor der Anregung rangiert, sowohl in der Aufstellung dafür als auch in der dagegen. Die Anregung als unspezifische psychophysiologische Hauptwirkung ist nur für ungefähr ein Drittel der Befragten Grund zum Kaffeegenuß, wird aber auch dann oft nicht als einziger Grund genannt.

Nebenwirkung	n
Magenbeschwerden	15 = 11,1 %
Nervosität	8 = 5,9 %
Schwitzen	6 = 4,4 %
Durchfall	5 = 3,7 %
Herzklopfen	4 = 3,0 %
Schwindelgefühl	3 = 2,2 %
Diurese	2 = 1,5 %
Schlafstörungen	2
Konzentrationsstörungen	2
Zittern der Hände	2
Tachykardie	1 = 0,7 %
retrosternales Druckgefühl	1
Schwarzwerden vor Augen	1
Kopfschmerzen (?)	1

Tabelle 13: Nebenwirkungen des Kaffeegenusses bei n=35 Probanden; Prozentangaben beziehen sich auf N=135 befragte Kaffeetrinker

In der Aufstellung der Nebenwirkungen, trotz derer der Kaffee konsumiert wird, sind insbesondere die Magenbeschwerden abhängig von der Kaffeemenge, der Kaffeesorte, der Tageszeit und der Magenfüllung.

Von 135 Befragten, die überhaupt Kaffee tranken (s. Tabelle 8), klagten 35 = 25,9 % über die in Tabelle 14 aufgeführten Nebenwirkungen. Die zuletzt genannten Kopfschmerzen wurden von dem Probanden selbst als Folge der Kaffeeaufnahme in Frage gestellt.

Süßstoff wurde von 77 = 47,0 % unserer Versuchspersonen verwendet. Nennenswerte Unterschiede zwischen irgendwelchen Gruppen traten dabei nicht auf.

3.4.2. regelmäßiger Coffeingenuß und Reaktionszeit

3.4.2.1. Verteilung der Probanden

Um Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen regelmäßigem Coffeingenuß und Reaktionszeit zu erhalten, war es zunächst einmal nötig, die Verteilung unserer Probanden auf einzelne Klassen der mittleren täglichen Coffeinaufnahme in Abhängigkeit von ihrer Gruppen- und Phasenzugehörigkeit festzustellen.

Diesen Parameter habe ich nicht von vornherein erfaßt und die Versuchspersonen entsprechend eingeteilt, so daß hier die Berücksichtigung der Leistungsphasen noch einmal gerechtfertigt erscheint.

Die Verteilung geht aus Tabelle 14 hervor. Die Abkürzungen der Untergruppen sind die gleichen wie in Tabelle 3; in der mit "gesamt" bezeichneten Zeile finden sich die absoluten und relativen Häufigkeiten, bezogen auf die Gesamtzahl unserer Probanden von $N = 164$.

Den täglichen Coffeingenuß betreffend habe ich zwischen drei Klassen unterschieden. Die obere Grenz-

Unter- gruppe	000-150 mg/Tag "wenig"	151-499 mg/Tag "mittel"	500 mg/Tag und mehr "viel"
I;1	2	9	0
I;2	9	9	1
I;3	3	7	2
II;1	3	5	2
II;2	4	7	8
II;3	6	3	3
III;1	1	1	8
III;2	5	6	8
III;3	5	4	3
IV;1	5	3	2
IV;2	7	9	3
IV;3	1	7	4
ge- samt	50 = 30,5 %	72 = 43,9 %	42 = 25,6 %

Tabelle 14: mittlerer täglicher Coffeingenuß in den Untergruppen aus Tab.4 nach Klassen

dosis für einen niedrigen Verbrauch liegt bei 150 mg pro Tag ("wenig"); eine solche Menge wird meist bei einer einzigen Gelegenheit am Tag aufgenommen (vgl. Tabelle 10). Eine mittlere Dosis will ich zwischen 151 und 499 mg/Tag ("mittel") ansetzen. Eine hohe gewohnheitsmäßige Dosis sind dann 500 mg/Tag und mehr ("viel").

Die Verteilung erweist sich als ziemlich ungleichmäßig, so daß ich zwei repräsentative Untergruppen zusammenstellen mußte. Dabei sollte die Verteilung auf die Klassen des Coffeinverbrauchs ungefähr der Verteilung im Gesamtkollektiv entsprechen und keine grobe Häufung einzelner Leistungsphasen auftreten. Die Untergruppe A sollte sich aus dem Kontrollkollektiv, B aus dem Versuchskollektiv rekrutieren. Die Probandenzahlen sollten immerhin so groß werden, daß eine sinnvolle Aussage nach der statistischen Prüfung möglich wäre.

Unter- gruppe	N	"wenig"		"mittel"		"viel"	
		n	$\bar{m}$	n	$\bar{m}$	n	$\bar{m}$
I;3	12	3 (4)	75	7 (5)	303	2 (3)	675
II;1	10	3 (3)	53	5 (4)	290	2 (3)	800
II;2	19	4 (6)	85	7 (8)	343	8 (5)	643
A	41	10 (12)	72	19 (18)	314	12 (11)	675
III;2	19	5 (6)	72	8 (8)	301	6 (5)	1042
III;3	12	5 (4)	107	4 (5)	313	3 (3)	727
IV;2	19	7 (6)	77	9 (8)	261	3 (5)	1142
B	50	17 (15)	84	21 (22)	286	12 (13)	988

Tabelle 15: Zusammensetzung der Untergruppen A und B

Das Ergebnis dieser Bemühungen zeigt Tabelle 15. Neben den tatsächlichen Anzahlen n stehen in Klammern die aus der Gesamtverteilung errechneten erwarteten Werte. Um die Zusammensetzung aus den Leistungsphasen zu verdeutlichen, sind die verwendeten Untergruppen aus Tabelle 14 mit ihrer Besetzung N nochmals aufgeführt. Unter $\bar{m}$ finden sich die arithmetischen Mittelwerte der täglichen Coffeinaufnahme in mg/Tag.

3.4.2.2. statistische Prüfung

Die Prüfung auf signifikante Unterschiede der Reaktionszeiten wurde wieder an den Mittelwerten pro Person und Test mit dem U-Test nach MANN und WHITNEY (8) durchgeführt.

Dabei verglich ich zuerst die beiden Extremgruppen "wenig" und "viel". In der Untergruppe A mit coffein-freiem Versuchsgetränk ergab sich, daß die Probanden mit hohem Coffeinverbrauch in den ersten beiden Tests auf dem 5 %-Niveau signifikant schneller reagierten als die mit niedrigem Verbrauch. In den folgenden Tests war kein Unterschied mehr festzustellen.

Bezieht man die Untergruppe mit mittlerem Verbrauch ein, zeigt sich, daß deren Probanden ebenfalls in den ersten beiden Tests signifikant schneller reagierten als die mit geringem Coffeingenuß, und zwar auf dem 2 %-Niveau. Ein Unterschied zu A"viel" war nicht festzustellen.

Die entsprechenden Untersuchungen in der Untergruppe B mit coffeinhaltigem Versuchsgetränk brachten beim Vergleich "wenig" gegen "viel" in den ersten Tests keinen Unterschied zutage. In den letzten drei Tests allerdings reagierte die Gruppe mit niedrigem Verbrauch signifikant schneller mit steigendem Signifikanzniveau: in D3TU1 5 %, in D3FFU1 und in D3FTU1 2 %.

Die Untergruppe B"mittel" ist hier nicht eindeutig einzuordnen. Im vierten Test D1FTU1 ist sie signifikant langsamer (5 %-Niveau) als B"wenig", verhält sich also wie B"viel" etwas später. Im letzten Test ist sie schneller (2 %-Niveau) als B"viel", tendiert also zu B"wenig". Sonst sind keine Unterschiede zu sichern. Es mag dahingestellt sein, ob sich darin die natürliche Schwankungsbreite einer "mittleren" Gruppe ausdrückt oder es sich um zufällig falsch-positive Resultate handelt.

Daß die Untergruppe B"viel" tatsächlich in zunehmendem Maße langsamer wird, soll Tabelle 16 illustrieren.

Test	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
Niveau	n.s.	5 %	2 %	1 %
Median alle	30,15	24,90	39,60	39,55
" B"wenig"	31,70	24,60	37,80	37,90
" B"viel"	31,00	27,20	43,70	45,30
Diff. B"wenig"	+0,55	-0,30	-1,80	-1,65
" B"viel"	+0,85	+2,30	+4,10	+5,75

Tabelle 16: Vergleich der Medianwerte in 1/100 sec.
 Diff.=Median der Untergruppe - Median alle.
 n.s.=nicht signifikant

Hier sind bei dem Test das Signifikanzniveau des Unterschiedes und die Medianwerte der Mittelwerte aus den Untergruppen aufgeführt. Zum Vergleich dienen die Medianwerte des gesamten Kollektivs aus Tabelle 5, zu denen die Differenzen berechnet wurden.

Schließlich untersuchte ich, ob sich ein Effekt des Coffeins ergebe, wenn man einer Kontrollgruppe eine Versuchsgruppe mit vergleichbar hohem regelmäßigem Coffeingenuss und einer weit über die Gewohnheit hinausgehenden Testdosis gegenüberstelle.

Diese Voraussetzungen waren nur mit Probanden der Klasse "wenig" zu erfüllen. Kontroll- und Versuchsgruppe wurden mit einer Probandenzahl von $n = 9$ gleich groß. Die Verteilung auf die einzelnen Phasen der Leistungsbereitschaft war 3/3/3 bzw. 3/4/2 und somit als ausgeglichen zu bezeichnen. Der Mittelwert der täglichen Coffeinaufnahme der Kontrollgruppe war $\bar{m}_K = 23,9 \text{ mg/Tag}$, der der Versuchsgruppe $\bar{m}_V = 23,3 \text{ mg/Tag}$. Die mittlere Versuchsdosis betrug $d = 133,3 \text{ mg}$, somit etwa das 5,7-fache der gewohnten Tagesdosis.

Die statistische Überprüfung brachte keinerlei signifikanten Unterschied zum Vorschein. Die Prüfwerte zu diesem Abschnitt 3.4.2.2. können aus Tabelle 24 des Anhangs ersehen werden.

3.4.2.3. Hinweis zu den Phasen der Leistungsbereitschaft

Die Problematik der Leistungsphasen möchte ich noch einmal kurz aufgreifen. Prüft man in der Kontrollgruppe alle Versuchspersonen der Klasse "wenig" gegen alle der Klasse "viel" (s. Tabelle 14), schwächen sich die Unterschiede unter das Signifikanzniveau von 5 % ab und sind nicht mehr als signifikant nachweisbar.

Gegenüber dem oben dargestellten Vergleich von

A"wenig" mit A"viel" sind nun in der Gesamtklasse "wenig" die Phasen 2 und 3 überrepräsentiert.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei diesem Vorgehen in dem Versuchskollektiv, wo bei einem relativen Überwiegen der Phase 1 in der Klasse "viel" nur der Unterschied im achten Test mit einem auf 5 % reduzierten Signifikanzniveau übrigbleibt. Die Prüfwerte sind in Tabelle 24 des Anhangs zusammengestellt.

3.4.2.4. Coffeingenuß und Fehlerzahl

Ein Einfluß der täglichen Coffeindosis auf die Fehlerzahl in diesem Versuch konnte nicht gesichert werden.

3.5. Rauchgewohnheiten

Im gesamten Kollektiv fanden sich $48 = 29,3\%$ Raucher in gleichmäßiger Verteilung auf die Gruppen. Zigaretten wurden von 39 Personen geraucht, Pfeife von 9. Die Mengenangaben lagen zwischen 3 bis 40 Zigaretten pro Tag und gelegentlich eine bis 5 Pfeifen pro Tag.

3.6. Konstitutionsuntersuchung

Die Ergebnisse der Konstitutionsuntersuchung sollen in der von CONRAD (10) durchgeführten Art dargestellt werden. In Abbildung 2 sind die Häufigkeiten der beobachteten Indizes in Kurvenform dargestellt. Die gestrichelte Kurve zeigt den angenäherten Verlauf der GAUSSschen Normalverteilung. Auf der Ordinate ist die relative Häufigkeit aufgetragen.

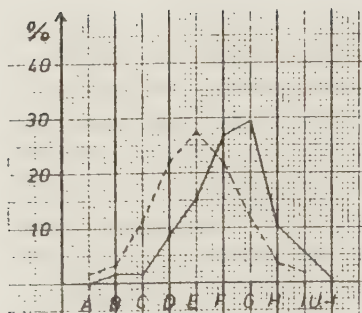


Abb. 2a Häufigkeitsverteilung der Metrikindezes

Die beobachtete Verteilung der Häufigkeiten entspricht der Form nach ungefähr der Normalverteilungskurve; der Mittelwert beider Kurven ist allerdings deutlich verschoben, und zwar in Richtung eines leptomorph-hyperplastischen Körpertyps.

Dies widerspricht teilweise der Auffassung

CONRADs, der eine Untersuchung an 197 Studentinnen zitiert (10), wo die Gipfel beider Verteilungen zum leptomorph-hypoplastischen Ende verschoben waren. Es muß offen bleiben, ob es sich dabei um einen geschlechtsspezifischen Unterschied bei Studenten handelt oder ob sich hier andere Faktoren manifestieren. Sicher ist jedoch unser Kollektiv keinesfalls repräsentativ für eine mitteleuropäische Durchschnittsbevölkerung, so daß die Abweichungen kaum verwundern.

Die absoluten Häufigkeiten der einzelnen Indizes können der Abbildung 3 entnommen werden. Hier zeigt sich, wie bei CONRAD (10), daß die beiden erfaßten Parameter nicht ganz unabhängig sein dürften.

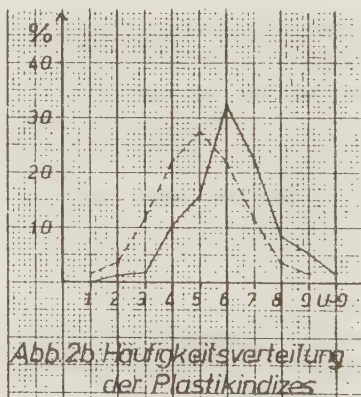


Abb. 2b Häufigkeitsverteilung der Plastikindizes

H										
I		1	2	2	3				1	
M		2	2	3	7	2	9			
O	1		8	8	20	11	7	2	1	
F	1		4	11	13	11	2	2		
E			2	9	6	8	4	2		
D		1		3	2	4	2	2		
G						1	2			
B						1	2			
A										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abb. 3 absolute Häufigkeit der Indexpaare

Wie man weiter sieht, ist die Verteilung der Indizes bei unserer Probandenzahl zu eng, um etwas weiter vom Modalwert entfernte Klassen mit einer der statistischen Untersuchung genügenden Fallzahl besetzen zu können. Grob vereinfacht entfällt etwa ein Drittel aller Beobachtungen auf den Modalwert und ein weiteres Drittel auf die beiden benachbarten Klassen.

So ist ein statistischer Vergleich von Extremgruppen die Reaktionszeit betreffend kaum sinnvoll.

Auch gab ein kursorischer Überblick über die Verteilung in den einzelnen Gruppen und Untergruppen keinen Hinweis auf einen Zusammenhang mit den schon beobachteten signifikanten Unterschieden der Reaktionszeiten.

3.7. Beurteilung der Pupille

Die Pupillenweite wurde am häufigsten als mittel beurteilt. Ein signifikanter Unterschied ergab sich beim Vergleich der Untergruppen mit niedrigem und hohem gewohnheitsmäßigen Coffeingenuß. In der Untergruppe mit hohem Coffeinverbrauch fand sich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % im Chi²-Test öfter eine weite Pupille.

Die Pupillenreaktion auf Licht trat am häufigsten in ihren extremen Ausprägungen einer minimalen bzw. maximalen Miosis auf. Verwertbare Unterschiede konnten bei diesem Merkmal nicht beobachtet werden. In Tabelle 25 des Anhangs sind die Schätzungen in den Untergruppen A und B aufgezeichnet.

3.8. Blutdruck und Pulsfrequenz

Blutdruck und Pulsfrequenz untersuchte ich statistisch von vorneherein in Abhängigkeit von den oben definierten Subgruppen A und B des gewohnheitsmäßigen Coffeingenusses. Tabelle 17 zeigt die arithmetischen Mittelwerte; die gemessenen Werte sind in Tabelle 25 des Anhangs aufgeführt. Die Standardabweichungen wurden der Übersichtlichkeit wegen nicht in die Tabelle geschrieben. Sie erreichten jedoch maximal 17 % des Mittelwertes und lagen im Schnitt bei 10 %.

Untergruppe	Blutdruck			Pulsfrequenz		
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₁	t ₂	t ₃
A gesamt	129/80	119/79	114/79	74	69	63
"wenig"	134/83	123/79	118/81	76	72	67
"mittel"	127/79	118/77	112/79	73	68	63
"viel"	127/80	116/81	114/79	73	67	61
B gesamt	127/82	120/83	116/83	77	72	66
"wenig"	129/81	121/85	118/83	77	74	66
"mittel"	127/83	120/84	116/82	75	71	66
"viel"	126/81	118/78	114/83	80	72	68

Tabelle 17: Mittelwerte von Blutdruck (nach RIVA-ROCCI) und Pulsfrequenz (1/min).

Die Prüfung auf signifikante Unterschiede erfolgte an der u-Verteilung bzw. mit dem t-Test für korrelierende Stichproben bei zweiseitiger Fragestellung (8).

Zunächst sollen die für alle Untergruppen durchgängigen Effekte beschrieben werden. Dazu gehört eine signifikante Senkung des systolischen Blutdrucks zwischen t₁ und t₂ sowie zwischen t₁ und t₃; das Niveau liegt zwischen 5 und 0,1 %. Ebenso sinkt die Pulsfrequenz von t₁ nach t₃ mit Signifikansen zwischen 2 und 0,1 %.

Weniger ausgeprägt ist ein systolischer Blutdruckabfall zwischen t_2 und t_3 in A gesamt (0,1 %), B gesamt (1 %), A"mittel" (0,1 %) und B"viel" (5 %).

In A und B gesamt sinkt die Pulsfrequenz auch zwischen t_1 und t_2 sowie zwischen t_2 und t_3 (alle 0,1 %); bei weiterer Unterteilung geht dieser Effekt in einigen Untergruppen verloren.

Zwischen den Gruppen A und B findet sich kein Unterschied, der auf eine Wirkung des Coffeins zurückzuführen wäre. Auch in den Untergruppen blieben dahingehende Berechnungen ergebnislos.

Auch auf den täglichen Coffeingenuß zu beziehende Unterschiede sind selten. In der Placebogruppe findet sich ein etwas stärkerer Abfall des systolischen Blutdrucks bei A"viel" im Vergleich zu A"wenig" nach Genuß des Versuchsgetränkes (t_2 ; 5 %).

In der Versuchsgruppe ist beim analogen Vergleich der diastolische Blutdruck in B"viel" niedriger (t_2 ; 5 %). Dieser Parameter ist aber in der Untergruppe B"wenig" von t_1 her deutlich angestiegen (5 %).

In der Gruppe A"wenig" sinkt der diastolische Blutdruck von t_1 nach t_2 (5 %). Diese beiden letztgenannten Effekte sind aber die einzigen, die den diastolischen Blutdruck betreffen.

3.9. Einschätzung des Befindens

Bei der Auswertung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung des Befindens wurde versucht, die Lage des Probanden zwischen den einzelnen Extremen der drei Skalen durch zahlenmäßige Ordnung der Antwortpaare quantitativ faßbar zu machen. Der hierzu verwendete Schlüssel war für die drei Paare von Parametern der gleiche und ist in Tabelle 18 an dem Beispiel "angeregt - müde" dargestellt.

angeregt	ja	ja	+-	+-	ja	nein	nein	+-	nein
müde	nein	+-	nein	+-	ja	nein	+-	ja	ja
Schlüssel	1	2	3	4	4	4	5	6	7

Tabelle 18: quantitative Erfassung aller möglichen Antwortpaare;
+- steht für "kann ich nicht entscheiden".

In der Auswertung zeigte sich, daß die eindeutigen Entscheidungen 1 und 7 sowie die vollkommene Ungewißheit 4 in der Häufigkeit eindeutig überwogen; sie machten zusammen etwa 80 % der Angaben aus. Ein Unterschied in Abhängigkeit von irgendwelchen der bisher beschriebenen Parameter (Leistungsphasen, tägliche Coffeinaufnahme, Konstitution) war nicht festzustellen, so daß sich die Darstellung in der summarisch-beschreibenden Tabelle 19 erschöpfen mag.

Unter jeder Antwortmöglichkeit aus einem Paar sind die absolute und die relative Häufigkeit der bejahenden Antworten aufgeführt, die mit einem "nein" zu der jeweils anderen Möglichkeit kombiniert waren (Schlüssel 1 oder 7). Dazwischen steht die Zahl der Unentschiedenen (Schlüssel 4).

Aus der getrennten Darstellung zu den Zeitpunkten t_1 bis t_3 lassen sich die Veränderungen während des Versuchsablaufs ablesen. Die Zahlen der jeweils zweiten Zeile stellen die Einschätzungen des Untersuchers dar, die mit denen der Versuchspersonen im Wesentlichen übereinstimmen. Einzige Ausnahme stellt die Antwortmöglichkeit "aufgeregt" dar.

Unterstrichen sind die Einschätzungen, die am häufigsten vorkamen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Gesamtzahl der Versuchspersonen; alle Angaben sind aus den Häufigkeiten der Untergruppen A und B extrapoliert, nachdem keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden konnten.

		angeregt	unentschieden	müde
t_1	Pb	30 = 18 %	$\frac{69}{90} = \frac{42}{55} \%$	39 = 24 %
	Vl	23 = 14 %		15 = 9 %
t_2	Pb	$\frac{84}{90} = \frac{51}{55} \%$	41 = 25 %	10 = 6 %
	Vl		39 = 24 %	3 = 2 %
t_3	Pb	26 = 16 %	44 = 27 %	$\frac{72}{79} = \frac{44}{48} \%$
	Vl	5 = 3 %	54 = 33 %	
		nervös	unentschieden	entspannt
t_1	Pb	7 = 4 %	23 = 14 %	$\frac{85}{77} = \frac{52}{47} \%$
	Vl	5 = 3 %	33 = 20 %	
t_2	Pb	15 = 9 %	30 = 18 %	$\frac{85}{92} = \frac{52}{56} \%$
	Vl	13 = 8 %	30 = 18 %	
t_3	Pb	28 = 17 %	44 = 27 %	$\frac{62}{123} = \frac{38}{75} \%$
	Vl	8 = 5 %	21 = 13 %	
		aufgeregt	unentschieden	konzentriert
t_1	Pb	2 = 1 %	44 = 27 %	$\frac{71}{20} = \frac{43}{12} \%$
	Vl	$\frac{36}{36} = 22 \%$	33 = 20 %	
t_2	Pb	2 = 1 %	44 = 27 %	$\frac{71}{28} = \frac{43}{17} \%$
	Vl	18 = 11 %	$\frac{36}{36} = 22 \%$	
t_3	Pb	2 = 1 %	$\frac{98}{98} = 60 \%$	34 = 21 %
	Vl	0	$\frac{98}{98} = 60 \%$	51 = 31 %

Tabelle 19: extrapolierte Häufigkeiten der Einschätzungen; Pb=Proband, Vl=Versuchsleiter

4. Diskussion

In dieser Arbeit wird die Auswirkung von Coffein auf das Reaktionsvermögen am Wiener Reaktionsgerät untersucht. Dabei waren wir bestrebt, die Versuchsbedingungen möglichst alltäglichen Verhältnissen anzunähern. Es sollen nun diese Bedingungen und dann die Ergebnisse der Untersuchung besprochen werden.

4.1. Methodenkritik

Aus praktischen und statistischen Erwägungen waren wir bestrebt, diese Untersuchung an einem möglichst homogenen Kollektiv von Versuchspersonen durchzuführen. Die Altersklasse zwischen 18 und 25 Jahren erschien uns als geeignetes Kriterium, gesunde und möglichst leistungsfähige Probanden auszuwählen. In diesem Alter braucht man im Allgemeinen nicht mit beeinträchtigenden Erkrankungen zu rechnen; auch ist die Verteilung des Körpergewichts relativ eng, und ihr Mittelwert fällt mit dem sogenannten Idealgewicht praktisch zusammen, wie Tabelle 1 zeigt. Doch sollte die Spanne nicht zu groß gewählt werden, da sich mit zunehmendem Alter die Reaktionszeit verlängert; KUNKEL (23) berechnete einen Korrelationskoeffizienten von $r = -0,41$ zwischen dem Alter des Probanden und seiner Leistung am Kölner Reaktionsbelastungsgerät.

So gilt für alles Weitere, daß sämtliche Aussagen nur für diese Altersklasse gelten können, da die Übertragbarkeit der wirkenden Faktoren auf andere Altersstufen nicht a priori angenommen werden kann.

Was die Brauchbarkeit der hier verwendeten beiden Kaffeegetränke angeht, sind zwei Fragen zu besprechen:

1. Ist zu Beginn der Testserie der Kaffee nicht nur getrunken, sondern auch das darin enthaltene Coffein resorbiert ?
2. Ist coffeinfreier Kaffee ein brauchbares Placebo, oder ist mit der Wirkung anderer zentral beeinflussender Substanzen zu rechnen ?

ad 1.: Coffein wird nach oraler Aufnahme schnell und vollständig resorbiert. CZOK fand bei der Ratte, daß die Resorption schon im Magen beginnt (11). LEUSCHNER maß einen ungefähr gleichbleibenden Blutspiegel von der 30. bis zur 90. Minute nach Aufnahme eines Kaffeegetränkes unter Verwendung von Kondensmilch (25). Auf die Möglichkeit eines solchen Effektes der zugesetzten Milch weist auch MÜLLER-LIMMROTH hin (28).

Eine vorher genossene Modellmahlzeit von Saccharose, Serumalbumin oder Erdnußöl verzögert die Resorption, wie SCHMIDT zeigen konnte (32). Da die Nebenwirkungen am Magen in dieser Untersuchung am häufigsten genannt wurden, ist aber zu vermuten, daß bei empfindlichen Personen die stärkere Coffeinwirkung durch die schnellere Resorption aus nüchternem Magen mit einem akut höheren Blutspiegel durch die ebenfalls stärkeren unerwünschten Wirkungen bezüglich der allgemeinen Leistungsfähigkeit ausgeglichen wird, da diese Nebenwirkungen, wie schon ausgeführt, nicht nur von der Coffeindosis abhängen.

Auch wurde aus der Befragung der Versuchspersonen deutlich, daß Kaffee in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu oder nach Mahlzeiten getrunken wird. So hat man wahrscheinlich mit einer noch etwas langsameren Resorption zu rechnen als unter alleiniger Verwendung von Kondensmilch. Andererseits dürfte aber auch für längere Zeit ein gewisser Coffein-Spiegel erhalten bleiben.

Die Halbwertszeit des Coffeins im Magen-Darm-Kanal der Ratte beträgt 6 - 8 Minuten bei Aufnahme als Kaffee;

für eine reine Coffein-Lösung liegt sie bei 3 - 4 Minuten (14.b). Demzufolge wären vom Coffeingehalt unseres Versuchsgetränkes nach 25 bzw. 45 Minuten von Trinkbeginn an über 80 % sicher resorbiert, selbst wenn man die protrahierte Aufnahme berücksichtigt. SEYFFERT berichtet von einem subjektiven Wirkungsbeginn teilweise schon nach 15 Minuten, nachdem seine Probanden 260 mg Coffein in 200 ml Wasser "auf einen Zug" getrunken hatten (35).

Die Wasserlöslichkeit des Coffeins von 2 % in Wasser (31) dürfte für die Resorption in unserem Dosisbereich keine limitierende Rolle spielen.

Coffein verteilt sich dann rasch in allen Organen entsprechend ihrem Wassergehalt; auch die Blut-Liquor-Schranke stellt kein Hindernis dar (11,27).

Die Halbwertszeit des Coffein im Organismus liegt bei 3 Stunden (11). In Gewöhnungsversuchen an Ratten, die 14 Tage lang 3 mal täglich 15 mg/kg Coffein zugefüttert bekamen, konnte SCHMIDT eine Verkürzung auf eine Stunde nachweisen (32).

Diese Dosierung wurde von den Probanden in keinem Falle erreicht; der Mittelwert in unserem Kollektiv liegt bei etwa 3 - 5 mg pro kg Körpergewicht und Tag. Einer unserer Probanden nahm allerdings regelmäßig 30 mg/kg zu sich, was er übrigens problemlos vertrug.

Zusammenfassend wäre zu konstatieren, daß zu Beginn der Testserie das Coffein in ausreichendem Maße resorbiert gewesen und während des ganzen Versuchs ein fast konstanter Blut- und Gewebsspiegel vorgelegen haben dürfte. Die Auswirkungen einer vorausgegangenen Mahlzeit auf die gezeigte Leistung unter Coffeineinfluß möchte ich als äußerst gering veranschlagen. Auch einen nach der Karenz von 12 Stunden eventuell noch vorliegenden Restcoffeingehalt halte ich für vernachlässigbar, da er rechnerisch weniger als 10 % der zuletzt aufgenommenen Dosis beträgt, auch wenn man die in Tabelle 10 angegebe-

nen Absolutwerte einsetzt.

ad 2.: CZOK hält eine Beteiligung der Röstprodukte an der zentralnervösen Wirkung für möglich und geht außerdem besonders auf die Chlorogensäure ein (11). Im Kaffee liegt diese gegenüber dem Coffein in etwa dreifacher Menge vor und wird durch Maßnahmen zur Entcoffeinierung nicht beeinflusst. Bezüglich der Krampfschwelle von Mäusen hat sie ein Sechstel der Wirksamkeit des Coffeins. Ein Effekt der Chlorogensäure in den üblichen Kaffeegetränken wird aber bestritten (1).

Auf die Richtigkeit dieser Ablehnung weist auch eine Arbeit von KÜNKEL hin, der bei einer EEG-Spektralanalyse keinen Unterschied zwischen Kaffee und einer Coffein-Lösung, beide mit 200 mg Coffein, fand. Signifikante Unterschiede ergaben sich dagegen zu coffeinfreiem Kaffee und warmem Wasser, die aber untereinander wiederum keine Unterschiede erkennen ließen (21).

Da das Kaffeepulver in unserem Versuchsgetränk, wie sich nachträglich herausstellte, eher niedrig dosiert war, kann man unserem coffeinfreiem Kaffee wohl einen reinen Placebo-Effekt zubilligen.

Unter Verweis auf die Besprechung der Motivationsproblematik weiter unten soll in diesem Zusammenhang nur auf die Tatsache eingegangen werden, daß den Versuchspersonen wiederholt eingeschärft wurde, immer so schnell wie möglich zu reagieren und in den Wahlreaktionstests Fehler weitestgehend zu vermeiden. Die deutliche Demonstration der falschen Signale, ebenso wie die Aufforderung zu maximaler Reaktionsgeschwindigkeit, soll nach den Erfahrungen von BRICKENKAMP zur deutlichen Verbesserung der Reaktionsleistung führen (4). Die von ihm beobachtete Reduktion von Reaktionszeit und Fehlerzahl überstieg signifikant einen ebenfalls schon als signi-

fikant nachgewiesenen Übungseffekt in einem Wahlreaktionsversuch.

BRICKENKAMPs Interpretation der Wirkung einer nach dem Übungsdurchgang in wertungsfreier Art erfolgenden Aufforderung obigen Sinnes geht dahin, daß der Proband in dem erneuten Durchgang eine "Chance zur Leistungsverbesserung" sehe, was eine Ermutigung für ihn bedeutete (4).

Obwohl wir unsere Probanden nicht üben ließen, da ein Übungseffekt für den einzelnen quantitativ schwer abzuschätzen ist, glauben wir doch, durch die intensive Belehrung besonders bezüglich der möglichen Fehler eine starke Vermeidenshaltung bei unseren Probanden aktiviert zu haben. Dies zeigt sich letztlich in der für eine zuverlässige statistische Analyse zu geringen Fehlerhäufigkeit.

Im Zusammenhang mit der Fehlerhäufigkeit ist auf eine bemerkenswerte Erscheinung hinzuweisen. Dies ist die durchgängig um etwa 50 % höhere Fehlerzahl im Test D3FFU1, dem dritten der Langzeittests.

Wahrscheinlich ist dieser Effekt nicht auf die Art der Signale zurückzuführen, da er beim entsprechenden Kurzzeittest D1FFU1 nicht beobachtet werden kann. Ich halte ihn eher für eine Wirkung der Reihenfolge. In den beiden voranstehenden Langzeittests macht sich zweifellos eine gewisse Müdigkeit oder auch Langeweile bemerkbar, die sich in diesem Test in einer Erhöhung der Fehlerzahl manifestiert. Der Proband kann diesen Leistungsabfall verfolgen und wird anscheinend durch diesen zu einer größeren Leistung im folgenden letzten Test motiviert. Dies zeigt sich darin, daß die Fehlerhäufigkeit zu den Zahlen aus den schnellen Tests zurückkehrt.

Unter diesen Umständen reicht offenbar die alleinige Ermahnung, Fehler zu vermeiden, nicht aus. Von diesem Einwand unberührt bleiben die Kurzzeittests, da bei die-

sen die Anforderungen noch vollkommen unbekannt sind. Erst das subjektive Versagenserlebnis des Probanden führt zu einer Reaktivierung des Leistungswillens, der durch die Erläuterungen und die damit gezeigte Anteilnahme des Versuchsleiters unterstützt wird. Soweit meine Interpretation.

Eine weitere interessante und meiner Meinung nach dieser Versuchsanordnung immanente Erscheinung ist die gegenüber anderen Tests größere Trennschärfe bezüglich Reaktionszeitunterschieden der Tests mit rein akustischem Signal, wie er in den Tabellen 2 und 3 beobachtet werden kann. Das mag daran liegen, daß das Gehör ein Rundum-Sinn ist, was bedeutet, daß es bei einfachen Anforderungen, wie es die Entscheidung "Ton ja oder nein" sein mag, nicht auf die Schallquelle ausgerichtet sein muß, was für den Probanden ein Weniger an Konzentration und damit eine Ersparnis an bewusster Leistung bedeutet. So ist diese Sinnesleistung relativ unabhängiger von äußeren Faktoren, was die Streubreite der individuellen Leistung verkleinert und so die Trennschärfe des Tests erhöht.

Für eine praxisorientierte Deutung ist dieser Effekt von verhältnismäßig geringem Wert; diese Auffassung gründet sich auf die komplexeren Anforderungen, wie sie reale Situationen an das Reaktionsvermögen stellen. Einer Vielfalt auslösender Signale zum Beispiel im Straßenverkehr steht eine Vielfalt möglicher komplexer Reaktionen gegenüber, aus der die richtige Reaktion im eigenen Interesse so schnell wie möglich herauszufinden ist. Dabei handelt es sich meistens eben nicht um solch einfache Alternativentscheidungen, wie sie hier gefordert waren.

Bei kombinierten Signalen wird die Reaktionszeit schon deutlich länger und die intraindividuelle Streuung größer, obwohl die geforderte Reaktion immer noch

einförmig und vergleichsweise sehr einfach ist. So liegt der Schluß nahe, daß eine Versuchsanordnung, die den Anforderungen des täglichen Lebens entspricht, im Labor, wenn überhaupt, dann nur mit größtem Aufwand nachzustellen ist.

Zu einem ähnlichen Schluß kommt auch BRICKENKAMP (4): "Die Ergebnisse von Wahlreaktionsversuchen dürften nach allem, was wir darüber wissen, mehr von aktuellen und situativen als von bleibenden persönlichkeits-eigenen Dispositionen abhängig sein. Alles deutet darauf hin, daß intraindividuelle Schwankungen interindividuelle Unterschiede überdecken. Diese hohe Sensibilität für Tagesschwankungen und verschiedene innere und äußere Einflüsse schränkt die Brauchbarkeit des Reaktionsversuchs als Instrument zur individuellen Verhaltensprognose ein."

Unterstützt wird dieser Eindruck durch die Tatsache, daß trotz suggestiver Anordnung die Fehlerzahl in den Wahlreaktionsversuchen recht gering war, wie schon bei den Versuchen von CHENEY (7).

Abschließend soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Betonung im letzten Satz des Zitates von BRICKENKAMP auf "individuellen" liegen muß. Bei der Untersuchung zweier größerer Gruppen, die eine aus 85 Fahrlehrerbewerbern, die andere aus je 100 Fahrprüfungsversagern und 100 Tatauffälligen bestehend, fand KUNKEL signifikant bessere Leistungen der Fahrlehrerbewerber am Kölner Reaktionsbelastungsgerät (22); hier mittelten sich offenbar die situativen Faktoren und lassen zumindest einen Effekt erkennen, der für eine große Gruppe von Menschen gilt. Das entscheidende Kriterium wird von KUNKEL als gute bzw. schlechte Verkehrsbewährung bezeichnet und ist, zumindest grob orientierend gesehen, mit dem Ergebnis des Reaktionstests korreliert. Doch müssen zwei Fragen offen bleiben, nämlich die nach der prinzipiellen

Vergleichbarkeit der verschiedenen Reaktionsversuchsanordnungen, und die nach dem Unterschied von untereinander gut unterscheidbaren Extremgruppen ("gute", "schlechte Verkehrsbewährung") vom repräsentativen Mittel, dem Normwert des Gerätes und der Versuchsanordnung also.

4.2. Besprechung der Ergebnisse

4.2.1. Vergleich mit den vorläufigen Normwerten

Vorläufige Normwerte existieren für folgende Tests: D1F, D1T und D1FT. Sie wurden am Verkehrspsychologischen Institut des Kuratoriums für Verkehrssicherheit A-1031 Wien, Ölzeltgasse 3, an einer Stichprobe von 170 Fahreignungsuntersuchungsfällen von SEYDEL erhoben (34). Die Gegenüberstellung mit den von uns gefundenen Werten findet sich in Tabelle 4.

Die Versuchsanordnung von SEYDEL unterscheidet sich in einigen Punkten von der unsrigen, welche nun diskutiert werden sollen. SEYDEL hatte statt des weißen das rote Licht verwendet; ferner wurde das Programm Uco nach einer Anzahl von 15 Signalen von Hand gestoppt (34). Dies beides scheint mir nicht geeignet, die zum Teil beträchtlichen Unterschiede in der Verteilung der Reaktionszeiten zu bewirken.

In dem von mir durchgeführten Versuchsablauf war noch der Test D1FFU1 dazwischengeschaltet. Diese Tatsache halte ich bezüglich der Vergleichbarkeit mit den Normwerten ebenfalls für bedeutungslos, da die Art der Beanspruchung der Versuchsperson durch die Kürze der Tests schnell wechselte, so daß weder ein Übungseffekt im Sinne der Streßminderung noch eine wesentliche Ermüdung aufgetreten sein dürften.

Die für diesen Vergleich bedeutsamen Unterschiede

scheinen die Ernsthaftigkeit der Prüfungssituation und die Heterogenität der Versuchsgruppe bei SEYDEL zu sein. Letztere zeigt sich darin, daß das Alter der Probanden zwischen 18 und 60 Jahren lag und daß das ganze Kollektiv nicht nach weiteren Parametern unterschieden wurde.

Die Ernsthaftigkeit der Prüfungssituation in der SEYDELSchen Anordnung sollte eine größtmögliche Leistungsmotivation bewirken (34). Die Motivation unserer Probanden dagegen gründete sich in der Hauptsache auf spontanes Interesse und Bereitschaft zur Mitarbeit. Obwohl diese schlechter ableit- und begründbar ist, erscheint das Ergebnis in Tabelle 4 unter dem Gesichtspunkt der Motivation im umgekehrten Sinne, als man erwarten sollte.

Als Erklärung diene die Streßreaktion der Probanden von SEYDEL, für die subjektiv vom Ausgang des Reaktionstests einiges abgehangen haben mag. Für sie ist diese Prüfungssituation mit Angst verbunden, und die sich daraus ergebende Streßreaktion, die - teleologisch interpretiert - der Bereitmachung zur körperlichen Flucht dient, dürfte kaum der viel eher notwendigen ruhigen Konzentration förderlich sein.

Unsere Versuchspersonen dagegen faßten diese Prüfung mehr spielerisch-sportlich auf, etwa im Sinne "Mensch gegen Maschine", was des öfteren auch artikuliert wurde, so daß für sie dieses Erlebnis zwar mit Spannung, aber nicht mit Befürchtungen um irgendwelche ernsthaften Konsequenzen verbunden war.

Eine Stützung erfährt diese Auffassung durch eine Untersuchung von ARICONI und Mitarbeitern. Diese Autoren haben die Ergebnisse aus einem Reaktionsversuch von 43 Personen, die zur Fahrtauglichkeitsbegutachtung erschienen waren, mit denen von 62 Kontrollpersonen verglichen. Dabei fanden sie in der erstgenannten Gruppe längere Reaktionszeiten und eine größere Fehlerzahl; der Unter-

schied zwischen beiden Gruppen wuchs mit der Schwierigkeit der Aufgabe und der absoluten Länge der Reaktionszeit. Die Autoren führen diesen Unterschied auf die ernsthafte Bedeutung zurück, die der Ausgang des Reaktionsversuchs für die Probanden der Versuchsgruppe haben mußte (2).

Demgegenüber scheint die oben beschriebene Heterogenität der Versuchsgruppe von SEIDEL eine weniger gewichtige Rolle zu spielen. Es bleibt festzuhalten, daß SEIDEL die vorläufigen Normen mit Probanden erstellte, die 1. der Ernsthaftigkeit einer echten Prüfungssituation unterlagen und 2. eine Gruppe mit schlechter Verkehrsbewährung im Sinne von KUNKEL (22) darstellten. Beide Merkmale sind mit einer signifikanten Verschlechterung der Reaktionsleistungen gegenüber Kontrollgruppen korreliert, so daß diese vorläufigen Normen nur eine sehr begrenzte Bedeutung haben können.

4.2.2. Phasen der Leistungsbereitschaft

Mit der Einteilung in Leistungsphasen suchten wir einen situativen Faktor qualitativ zu erfassen. Es ist die Frage zu diskutieren, warum die allgemein anerkannte und angenommene Wirksamkeit dieses Faktors in dieser Untersuchung nicht nachzuweisen war.

MÜLLER-LIMMROTH fand einen Leistungsabfall um 20 % in einem Test der motorischen Koordinationsfähigkeit am Mittagstief der Leistungsbereitschaft zwischen 14 und 15 Uhr. Dieser konnte durch Coffein um 15 % teilkompensiert werden, welche Wirkung für 2 bis 3 Stunden anhielt (28). Die verwendete Coffein-Dosis ist nicht genannt, muß aber unter 500 mg liegen, da MÜLLER-LIMMROTH von dieser Menge an eine Beeinträchtigung der Feinmotorik feststellen konnte (28).

Demgegenüber fanden GOLDSTEIN und Mitarbeiter die motorische Koordination nach 300 mg Coffein unbeeinflusst (16). Allerdings hatten sie ihre Versuche abends um 19 Uhr durchgeführt, einer Zeit also, zu der nach SCHWABD (33) ein relatives Tageshoch der Leistungsfähigkeit vorliegt.

So könnte man folgern, daß Coffein bezüglich der motorischen Koordinationsfähigkeit zwar keine absolut steigernde, aber eine die Schwankungen der Tagesrhythmik ausgleichende Wirkung habe.

Wie quantitativ unterschiedlich die Schwankungen der Leistungsbereitschaft jedoch von der Art der Anforderung her sind, zeigen die Reaktionsversuche von DÜLL. Dieser Autor fand bei vielfachen Messungen der Reaktionszeiten um 7,13 und 19 Uhr eine circadiane Schwankungsbreite von weniger als 10 msec (13), ein Intervall also, das unterhalb unserer Meßgenauigkeit liegt.

Auch können diese geringen Schwankungen durchaus durch den Arbeitswillen unserer Probanden kompensiert worden sein, da wir, wie oben ausgeführt, anscheinend einen hohen Grad der Motivation erreicht haben und der Proband seine Leistungen an den Anzeigen des Gerätes kontrollieren konnte.

Nicht vergessen werden darf auch die Tatsache, daß das positive Kaffee-Stereotyp, wie es v. KLEBELSBERG formuliert hat (19), in der Kontrollgruppe eine Placebo-Wirkung gehabt haben dürfte, die groß genug war, geringe Unterschiede auszugleichen.

Doch lassen sich diese Behauptungen im Nachhinein nicht differenzieren, so daß nicht zu entscheiden ist, ob nun psychisch wirksame Faktoren oder die Kleinheit der Unterschiede unterhalb der Meßgenauigkeit die Ursache dafür waren, daß kein Einfluß der Leistungsphasen nachgewiesen werden konnte.

Daß diese Problematik keineswegs als abgeschlossen

betrachtet werden kann, zeigt der unter 3.4.2.3. notierte Hinweis, Die dargestellten Effekte widersprechen zwar teilweise unserer Erwartung von der Wirkung der Leistungsphasen, können aber meiner Meinung nach auf keinen anderen der erfaßten Parameter zurückgeführt werden. Eine Erklärung kann hier nicht angeboten werden und muß daher einer weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

4.2.3. Ergebnisse, die unter Berücksichtigung der täglichen Coffeinaufnahme gefunden wurden

Die Ordnung und statistische Prüfung unserer Daten nach verschiedener Höhe des regelmäßigen Coffeingenusses durch den Probanden beruhte auf der Vorstellung, daß das Coffein als Pharmakon, dessen Wirkung als positiv erlebt wird, durchaus in der Lage sein könne, eine Gewohnheitsbildung und mit dieser eine Toleranzentwicklung auszulösen; dieser Ansatz soll zunächst in den folgenden Abschnitten diskutiert werden.

Die als positiv erlebte Coffein-Wirkung macht es prinzipiell zu einer potentiell gewohnheits-, wenn nicht gar suchterzeugenden Substanz, wobei auch das Ritual der Zubereitung der Getränke, hierbei denke ich vor allem an schwarzen Tee, und die Bindung an tageszeitliche "Anlässe" im Sinne eines bedingten Reflexes bei Kaffee und Tee, wie sie aus Tabelle 9 abgelesen werden kann, eine nicht unwesentliche Rolle spielen dürften.

Daß eine echte Sucht so selten auftritt - FICHLER zitiert einen Fall (14.b) - dürfte einerseits an der an sich schwachen suchtbildenden Potenz des Coffeins sowie daran liegen, daß ein leichter Trend zur Dosissteigerung schon bald durch Geschmack und Volumen des Getränkes sowie durch die Nebenwirkungen aufgefangen wird. Gerade der Geschmack war ja in dem von uns befragten

Kollektiv einer der Hauptgründe für den Genuß von Kaffee und wurde noch häufiger als Motiv genannt als die Anregung, wie aus Tabelle 11 hervorgeht.

Häufiger ist allerdings meines Erachtens mit dem Auftreten einer Gewohnheitsbildung im Sinne der psychical dependance zu rechnen. EICHLER beschreibt eine Art subakutes Entzugssyndrom, bestehend aus "Reizbarkeit, Unfähigkeit zu effektiver Arbeit, Nervosität, Ruhelosigkeit, Teilnahmslosigkeit und Kopfschmerzen", bei starken Kaffeetrinkern (14.b).

So möchte ich die Annahme einer Gewohnheitsbildung durch Coffein für ausreichend begründet halten, wobei vor allem bei starken Kaffeetrinkern mit Entzugserscheinungen zu rechnen ist.

Die Toleranzentwicklung gegen Coffein wird je nach betroffenem Organsystem verschieden beurteilt. So beschreibt KUSCHINSKY ein schnelles Nachlassen der diuretischen Wirkung des Coffeins unter Einbeziehung des Theophyllins und des Theobromins (24). RITCHIE fügt dem die vasodilatatorische Wirkung zu, betont aber, daß nur eine geringe oder gar keine Toleranzentwicklung gegen die zentrale Anregung beobachtet werden könne (31). In die Richtung einer Toleranzentwicklung zeigen auch die Untersuchungen von SIEDEK und Mitarbeitern, die bei einer Versuchsperson mit einer Aufnahme von mehr als 1000 mg pro Tag einen gegenüber dem Kontrollkollektiv deutlich niedrigeren Anstieg der unversetzten Fettsäuren im Serum nach einer Testdosis Coffein fanden (37). COLTON und Mitarbeiter konnten bei gewohnheitsmäßigen Kaffeetrinkern eine signifikante Minderung der Empfindlichkeit gegenüber 150 mg Coffein bezüglich der negativ chronotropen Wirkung am Herzen feststellen (9). Die gleichen Autoren fanden bei Coffeingewöhnten eine Toleranz gegen die Schlafstörungen, die das Coffein hervorrufen kann. Diese bestehen hauptsächlich in einer Verzögerung

des Schlafeintrittes (3). Die Schlaf-Wach-Regulation ist aber unbestreitbar eine zentralnervöse Leistung, so daß eine Ablehnung der Toleranzentwicklung am Zentralnervensystem mir nicht gerechtfertigt erscheint, zumindest aber nicht so global, das heißt, alle zentralnervösen Leistungen betreffend formuliert werden darf.

Schließlich sollen die Befunde von SCHMIDT erwähnt werden. Wie oben schon erwähnt, konnte er an Ratten, die 14 Tage lang 3 mal täglich 15 mg Coffein pro kg Körpergewicht erhielten, eine Verkürzung der Halbwertszeit des aufgenommenen Coffeins von drei auf eine Stunde nachweisen (32).

Dieses Problem soll noch von einer weiteren Seite beleuchtet werden. CZOK zitiert eine Arbeit von TRIENDEL (11), nach der die untere Grenze der Erregbarkeit des Gehirns durch Coffein bei einer Dosierung von 2 mg pro kg Körpergewicht liegt. Auf der anderen Seite ist EICHLER der Meinung, daß der Bereich der toxischen Wirkung bei einer Dosierung von ebenfalls 2 bis 5 mg/kg beginne (14.b). Bei dieser Untersuchung arbeiteten viele Probanden mit, die diese toxische Grenze sicher überschritten, ohne durch Nebenwirkungen irgendwelcher Art belästigt zu werden. Dies kann nicht nur auf eine beschleunigte Ausscheidung zurückzuführen sein, da das Coffein akut ja vollständig resorbiert wird.

Insgesamt erscheint es mir also gerechtfertigt, eine Toleranzentwicklung gegenüber Coffein für möglich zu halten und sie als Argument für entsprechende Befunde (s.u.) heranzuziehen.

COLTON und Mitarbeiter weisen schließlich darauf hin, daß eine erworbene Toleranz gegen Coffein nicht absolut sei, sondern von der individuellen gewohnheitsmäßigen Dosis abhängt. Dies lasse sich am Erscheinen von Coffein-Wirkungen demonstrieren, wenn man die Versuchsdosis zwei- bis viermal so hoch wähle wie die gewohnheitsmäßige.

Daß der Toleranzeffekt so schwer nachzuweisen ist, wenn man höhere zentralnervöse Leistungen untersucht, wobei man auf die bewußte Mitarbeit der Versuchspersonen angewiesen ist, mag daran liegen, daß der im Blindversuch meistens als Placebo verwendete coffeinfreie Kaffee einen äußerst guten und glaubhaften Ersatz für das Coffein im coffeinhaltigen Kaffee darstellt, wie v. KLEBELBERG ausführt (19).

Da das Verfahren zur Aufteilung in Klassen der geschätzten täglichen Coffeinaufnahme besonders der Willkür zu unterliegen scheint, sollen hier die Kriterien dargestellt werden, die zur Wahl der Klassengrenzen geführt haben.

Die Obergrenze der Klasse "wenig" wurde auf 150 mg/Tag festgelegt. Damit sind darin alle Versuchspersonen sicher erfaßt, die nur einmal am Tag ein coffeinhaltiges Getränk zu sich nehmen. COLTON, dessen Ergebnisse (9) oben diskutiert wurden, hatte als Nicht-Kaffeetrinker ebenfalls die Probanden bezeichnet, die nicht mehr als einmal am Tag Kaffee tranken, und konnte so die Toleranzeffekte bei stärkeren Kaffeetrinkern nachweisen.

Die Obergrenze von 499 mg/Tag wurde für die Klasse mit mittlerer Coffeinaufnahme gewählt. Dieser Dosisbereich von 151 bis 499 mg entspricht in etwa therapeutischen Dosen, die aber auf den ganzen Tag verteilt noch keine toxischen Wirkungen entfalten dürften (31). Bei diesen Versuchspersonen ist also im täglichen Leben mit einer wirksamen pharmakodynamischen Beeinflussung durch Coffein zu rechnen, soweit diese nicht schon durch Toleranzeffekte aufgehoben werden. In diesem Dosisbereich besteht so die Möglichkeit, unter Berücksichtigung des Placebo-Effektes in der Kontrollgruppe die Auswirkungen des Entzugssyndroms auf das Reaktionsvermögen zu beobachten.

Von einer täglichen Aufnahme von 500 mg und mehr an glauben wir mit Sicherheit, mit Toleranz- und Entzugseffekten rechnen zu dürfen. So ist diese Einteilung vor allem für einen Extremgruppenvergleich geeignet, also "wenig" mit "viel". Günstigerweise brachte sie auch eine zahlenmäßig gute Besetzung der Klassen mit sich, so daß eine statistische Analyse durchführbar war.

Nun sollen unter Berücksichtigung der Toleranz- und Placebo-Effekte die Ergebnisse diskutiert werden, die aus der statistischen Gegenüberstellung der einzelnen Klassen des mittleren täglichen Coffeingenusses gewonnen wurden und in 3.4.2.2. beschrieben sind. Dabei wird die Reihenfolge aus 3.4.2.2. beibehalten.

Daß in der Kontrollgruppe A die Untergruppen mit hohem und mittlerem täglichen Coffeingenuß zunächst schneller sind als die Untergruppe "wenig", könnte man als gewohnheitsabhängigen Placebo-Effekt interpretieren: Menschen, die eine stärkere Erwartungshaltung dem Coffein gegenüber haben, trinken mehr Kaffee und erliegen leichter der suggestiven Wirkung des Placebo. Die leichte Überkompensation am Anfang der Testreihe ergibt sich aus der starken Aktivierung des Placebo-Effektes durch Streß (29) und wird bei sehr starken Coffeingenießern lediglich durch das oben beschriebene leichte Entzugssyndrom eingeschränkt, woraus sich der deutlichere Unterschied der Klasse A "mittel" erklärt.

Ein Hinweis auf die stärkere Erwartungshaltung dem Coffein gegenüber könnte sich aus der Befragung nach Gründen für den Kaffeegenuß ergeben. Deswegen habe ich die vier häufigsten Gründe (s. Tabelle 11) noch einmal unter dem Gesichtspunkt des mittleren täglichen Coffeingenusses durchgesehen. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 20. Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der hier aufgeführten Gründe in der letzten Zeile. Ihre Angabe als solche ist zwar nicht sinnvoll wegen

	"wenig" (n = 50)	"viel" (n = 42)	alle (n = 164)
Geschmack	9 = 31 %	19 = 45 %	52 = 38 %
Anregung	4 = 14 %	15 = 34 %	41 = 29 %
soziale Gründe	8 = 28 %	4 = 9 %	29 = 19 %
Gewohnheit und Abhängigkeit	8 = 28 %	6 = 14 %	27 = 18 %
Gesamtzahl der Gründe	29	44	112

Tabelle 20: Gründe für Kaffeegenuß in Abhängigkeit von dessen Höhe

der geringen zugrunde liegenden Anzahl,erleichtert aber den Vergleich zwischen den Spalten.

Auf eine statistische Prüfung haben wir wegen der geringen Häufigkeiten verzichtet.Diese Erörterung soll nur einen - vielleicht illustrativen - Hinweis darstellen,der einer weiteren experimentellen Überprüfung bedarf,zumal ja nur die Gründe für den Genuß von Kaffee, nicht aber für den von schwarzem Tee oder Cola berücksichtigt sind.Immerhin scheint diese Aufstellung die oben formulierte Annahme zu bestätigen.Zum Vergleich sind die entsprechenden Angaben aus dem ganzen Kollektiv nach Umrechnung der relativen Häufigkeiten in der dritten Spalte danebengestellt.

Die analoge Untersuchung in der Versuchsgruppe,also B"wenig" gegen B"viel",scheint darauf hinzuweisen,daß eine die gewohnheitsmäßige Dosis erreichende oder auch leicht übertreffende Stimulierung zunächst den in geringem Maße überkompensierenden Placebo-Effekt der Gruppe B"viel" durchaus erreicht und ihm die Waage hält.Mit der Zeit,also mit dem Nachlassen des Streß und dem Wachsen von Ermüdung und/oder Langeweile,läßt der Placebo-Effekt aber früher nach als die Wirkung des Coffeins.Hinzukommen mag wiederum ein leichtes Entzugssyndrom in der Grup-

pe B"viel" und eine beschleunigte Elimination der geringen und meiner Meinung nach bei diesen Probanden irrelevanten Versuchs-dosis.

In der Untergruppe B"wenig" kann man nicht mit dem Auftreten eines Entzugssyndroms rechnen, da hier die Gewöhnung an Coffein zu gering ausgeprägt ist, so daß der beobachtete Effekt anscheinend auf die Wirkung des verabreichten Coffeins zurückzuführen ist.

Die nächste Berechnungsreihe A"viel" gegen E"viel" widerspricht mit ihrem Ergebnis zunächst scheinbar unserer Auffassung, daß die Wirkung eines reinen Placebo-Effektes der eines Placebo-Effektes plus unzureichende Stimulierung gleichkomme. Das einzige signifikante Ergebnis im zweiten Test ist wahrscheinlich auf die oben schon diskutierte (4.1.) größere Trennschärfe von D1TV1 zurückzuführen. Daß auch in den anderen Tests die Signifikanzgrenze bisweilen fast erreicht wurde, liegt meiner Meinung nach daran, daß in der Untergruppe A"viel" der Placebo-Effekt wahrscheinlich stärker ausgeprägt ist, weil in dieser Untergruppe 10 von 12 Versuchspersonen vier Tassen des Versuchsgetränks erhielten, während es in der Untergruppe B"viel" nur 3 von 12 waren.

Beim analogen Vergleich der Klasse "wenig", in der dieses Verhältnis etwas ausgeglichener ist, wie aus Tabelle 15 hervorgeht, konnte kein Unterschied gesichert werden. So möchte ich die im voranstehenden Abschnitt formulierte Auffassung insgesamt als bestätigt betrachten.

Daß auch der letzte unter 3.4.2.2. aufgeführte Vergleich keinen Unterschied erkennen ließ, läßt sich auf zwei Ursachen zurückführen. Oben wurde schon die bei CZOK erwähnte Arbeit von TRIENDL zitiert, nach der die Erregbarkeitsgrenze des Gehirns durch Coffein bei einer Dosierung von etwa 2 mg/kg liege (11). Diese Dosierung wird bei den hier verglichenen Gruppen nur knapp ver-

fehlt; auch ist die Fallzahl mit zweimal neun Probanden anscheinend zu gering. In der oben diskutierten Gegenüberstellung B"wenig" gegen B"viel", die ein deutliches Ergebnis brachte, war die Dosierung durchschnittlich etwas höher, und die Fallzahl war 17 gegen 12. Ich meine also, daß die an diesem unteren Grenzwert der Dosierung zu erwartenden sehr geringen Effekte mit dieser niedrigen Fallzahl statistisch nicht dargestellt werden können.

In diesen Zusammenhang gehört noch eine Anmerkung zur Auseinandersetzung mit den vorläufigen Normen nach SEYDEL, die sich im Abschnitt 4.2.1. findet. In dieser vorliegenden Untersuchung bestanden zwei verschiedene Versuchsanordnungen, nämlich mit zwei und vier Tassen Getränk, von deren Anzahl der Placebo-Effekt anscheinend mit abhängig ist. Weiterhin wurden nur $n = 24 = 14,6\%$ der Versuchspersonen ihrer Gewohnheit entsprechend nach 12stündiger Karenz mit Coffein versorgt. So halte ich den zeitlichen Übergang des Placebo-Effektes in ein Entzugssyndrom sowie die Stärke der Auswirkungen beider Faktoren auf die gezeigten Leistungen für nicht abschätzbar. Daher sollen die von mir in Tabelle 4 angegebenen Prozenträge keinesfalls als neue Normwerte mißverstanden werden. Sie können höchstens eine Funktion als altersgebundene Richtwerte erfüllen, die einer kritischen Betrachtung unterliegen sollten.

Zum Schluß dieses Abschnitts sei erwähnt, daß durchaus deutliche Unterschiede bezüglich des arithmetischen Mittels zwischen einzelnen, nach dem Kriterium der Leistungsphasen aufgestellten Untergruppen bestanden. Den höchsten Mittelwert hatte die Untergruppe III;1 aufzuweisen, die schon in der Beurteilung zu Tabelle 3 als unbegründet häufig schnellere aufgefallen ist. Diese Tatsache stellt nun keineswegs eine Begründung dar, sollte aber einmal in größerem Zusammenhang gewürdigt werden.

Es bleibt anzumerken, daß die hier beurteilten Mittelwerte sämtlich in dem von mir als "mittel" klassifizierten Bereich der täglichen Coffeinaufnahme gehören, bis auf den oben besonders erwähnten, der aber die Obergrenze nur geringfügig überschreitet. Für die Gruppen I, II, III und IV konnte kein Unterschied der mittleren täglichen Coffeinaufnahme untereinander nachgewiesen werden.

4.2.4. Ergebnisse, die ohne Berücksichtigung der täglichen Coffeinaufnahme gefunden wurden

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen I, II, III und IV bezüglich der Reaktionsleistungen konnte nicht dargestellt werden. Verkürzung der Reaktionszeiten und Verminderung der Fehlerzahl wurden jedoch schon verschiedentlich berichtet (6, 7, 14, 17, 31) oder zumindest aus theoretischen Erwägungen heraus für möglich gehalten (28).

Andere Autoren wiederum fanden keinen solchen Effekt; hierzu findet sich eine Zusammenstellung bei LUFF (26) und bei EICHLER (14.b). DÜLL schließlich meint, die entgegengesetzte Wirkung ausschließen zu müssen und bemerkt, daß dem Coffein "selbst bei starken Dosen keine praktisch bedeutsame reaktionszeitverlängernde Wirkung" zukomme (13).

Die Beurteilungen schwanken also zwischen Indifferenz und Verbesserung der Reaktionsleistungen. Sie sollen nun im Zusammenhang mit den Ergebnissen dieser Arbeit diskutiert werden.

In einer schon früh kritisierten (6) Untersuchung fanden HORST und JENKINS eine Verkürzung der Reaktionszeit um 2 - 6 % bei einer Dosierung von 3 - 4 mg/kg (17). In einer verbesserten Versuchsanordnung fand CHENEY den gleichen Effekt nach 3 - 4 mg/kg mit wechseln-

dem und ab 5 mg/kg mit sicherem Erfolg (6). In einer weiteren Untersuchung an fünf ausgesuchten weiblichen Probanden konnte er diese Ergebnisse mit 3,3 - 3,6 mg/kg reproduzieren (7). Innerhalb zweier Stunden sanken die Reaktionszeiten um maximal 8 % nach Coffein, um maximal 4 % nach Kaffee. Die Fehlerzahl sank ebenfalls. Sie betrug jedoch maximal nur 4 bei 125 Reaktionen.

V. KLEBELSBERG und MOSTRECK fanden bei einer Dosis von 100 mg Coffein keinen Einfluß auf das Reaktionsverhalten (19). Diesem Ergebnis muß sich diese Untersuchung mit einer maximalen Dosis von 162 mg anschließen.

Folgende Gründe imponieren als verantwortlich für dieses unser Ergebnis: Die schon erwähnte, von TRIENDL festgestellte (11) untere Erregbarkeitsgrenze des Gehirns von 2 mg/kg wird nur in einer unserer Versuchsgruppen, der Gruppe IV, erreicht bzw. leicht überschritten. Zweitens liegt die von unseren Probanden gewohnte Dosierung im Mittel bei 3 - 5 mg/kg, so daß nur 24 von 164 Versuchspersonen ausreichend mit Coffein versorgt wurden. COLTON hält, wie schon zitiert, zur Überwindung der Toleranz und zur Darstellung des Coffeineffektes eine der gewohnten Aufnahme gegenüber auf das Zwei- bis Vierfache gesteigerte Versuchsdosis für notwendig und ausreichend.

So ist anscheinend für eine Wirkungsdarstellung des Coffeins zu fordern, daß die Versuchsdosis die gewohnte Dosis in dem genannten Maße übertreffe, mindestens aber eine Dosierung von 2 mg pro kg Körpergewicht ergebe.

Aus unseren eigenen, hier dargestellten Beobachtungen wäre weiterhin zu folgern, daß bei der Verwendung von coffeinfreiem Kaffee als Placebo in der Kontrollgruppe einige Zeit zugewartet werden muß, bis der dem Coffein-Effekt gleichwertige Placebo-Effekt mit nachlassendem Streß und/oder zunehmender Langeweile früher nachzulassen beginnt als die Coffeinwirkung.

4.2.5. das Verhalten der vegetativen Parameter

Durch die Einschätzung von Pupillenweite und -reaktion vor Versuchsbeginn sollte versucht werden, vor dem Versuch bestehende Unterschiede im vegetativen Tonus bei den Probanden zu erfassen. Es fand sich einzig bei den Versuchspersonen mit einer gewohnheitsmäßig hohen Coffeinaufnahme öfter eine etwas weitere Pupille als bei solchen mit niedriger Aufnahme. Weitere Unterschiede ergaben sich nicht, auch die Pupillenreaktion wurde in allen Untergruppen gleich eingeschätzt.

Bei starken Kaffeetrinkern kann also ein vermehrter sympathischer Tonus am Auge festgestellt werden. CZOK (11) bezeichnet die Wirkung des Coffeins als allgemein sympathomimetisch. WALDECK konnte die sensibilisierende Wirkung des Coffeins für Catecholamine an zentralen Rezeptoren nachweisen (40). Diese beiden Aussagen erklären unseren Befund in seiner Art.

Es bleibt die Frage, ob auch nach einer 12stündigen Coffein-Karenz noch mit einer solchen Wirkung gerechnet werden kann. Der Restcoffeingehalt des Körpers ist wahrscheinlich zu gering, wie ich oben schon ausführte (4.1.), um eine Wirkung am Zentralnervensystem hervorzurufen. SIEDEK und Mitarbeiter fanden die Adrenalin- und Noradrenalin-ausscheidung im 24-Stunden-Urin nach fünfmal 20 Gramm Kaffee, was nach meiner Schätzung eine Dosis von 1000 mg ergibt, deutlich erhöht. Dieser Effekt zeigte keine Toleranzbildung (37). Da diese Dosis durchaus im Bereich der Einschätzungen für starke Kaffeetrinker liegt, wäre eine dauernde Erweiterung der Pupille durch einen chronisch erhöhten Catecholamin-Spiegel denkbar.

Schließlich sind auch Persönlichkeitseigenschaften in Betracht zu ziehen, die einerseits zu einem erhöhten sympathischen Tonus und andererseits zu einem starken gewohnheitsmäßigen Coffeingenuß führen. Eine Entschei-

dung darüber kann hier nicht getroffen werden;immerhin erscheint der gewonnene Befund einer weiteren Pupille bei starken Kaffeetrinkern plausibel.

Am Verhalten von Blutdruck und Pulsfrequenz klabten wir Einflasse von Versuchsstreß und Coffein während des Versuchsablaufs ablesen zu können.

Wie aus Tabelle 17 ersichtlich ist,liegt der Blutdruck vor Genuß des Kaffeegetränks innerhalb der altersgemäßen Grenzen der Normotension.Auch die mittlere Pulsfrequenz ist als normal zu beurteilen.Bei den weiteren Messungen nach dem Kaffeegenuß und am Versuchsende ist eine hochsignifikante Senkung des systolischen Blutdrucks und der Pulsfrequenz zu beobachten.

Aufgrund mehrerer entgegengesetzter Effekte am Herz-Gefäß-System ist die Wirkung des Coffeins auf den Blutdruck als gering anzusehen.Die Angaben von HORST und JENKINS (17) sowie von RITCHIE (31) lassen mit einem gleichbleibendem Blutdruck oder einer leichten Erhöhung beider Werte zwischen 5 und 10 mm Hg nach RIVA-ROCCI rechnen.SEYFFERT beziffert die Blutdrucksteigerung nach 260 mg Coffein auf 5 bis 25 mm Hg RR.

Die in dieser Untersuchung beobachtete Senkung betrug bei Ausgang von normalen Werten und gleichbleibendem diastolischen Druck zwischen 11 und 16 mm Hg RR. Gleichzeitig sank die Pulsfrequenz um 9 bis 12 Schläge in der Minute.

COLTON und Mitarbeiter fanden ebenfalls eine leichte Bradycardie nach Coffein und führen diese auf einen negativ chronotropen vagalen Einfluß zurück,der erst nach hohen Coffeindosen durch den direkten exzitatorischen Angriff am Herzen überdeckt werde (9).HORST und JENKINS fanden bei Messungen eine und zwei Stunden nach Coffeingenuß eine Erhöhung oder Senkung um 5 Schläge pro Minute (17).SEYFFERT hatte den Eindruck des Gleichblei-

bens oder einer leichten Senkung der Pulsfrequenz innerhalb des als normal zu bezeichnenden Bereichs.

Insgesamt scheint mir der Einfluß der körperlichen Ruhe beim Kaffeetrinken und ein ruhiges, freundliches Betriebsklima stärker gewesen zu sein als ein eventuell entgegengesetzter Einfluß des Coffeins. Auch dürfte die im Versuchsablauf eintretende Langeweile eine Rolle spielen.

Weitere Unterschiede, die auf eine Wirkung des gewohnheitsmäßigen Coffeingenusses oder der Leistungsbereitschaft hingewiesen hätten, konnten nicht gesichert werden. Das würde zum einen darauf hinweisen, daß das Coffein den Blutdruck kaum verändert; zum anderen ergibt sich wieder ein Hinweis darauf, daß eventuelle Unterschiede in der Leistungsbereitschaft anscheinend durch andere Faktoren kompensiert wurden, worauf schon in 4.2.2. hingewiesen wurde.

4.2.6. subjektive Einschätzung des Befindens

Bei der Einschätzung des Befindens konnte kein Einfluß der Zugehörigkeit zur Versuchs- oder Kontrollgruppe nachgewiesen werden, vielmehr scheint der Versuchsablauf der entscheidende Faktor gewesen zu sein. Die Wehrzahl der Probanden fühlt sich vor dem Kaffeetrinken entspannt und konzentriert, nach dem Kaffeetrinken vor Beginn der Testserie zusätzlich angeregt und am Versuchsende müde und entspannt (s. Tabelle 19). Die Einschätzungen durch den Versuchsleiter weichen davon nur in Richtung einer größeren Aufgeregtheit ab, was ich als Effekt einer Projektion bezeichnen möchte. Es muß betont werden, daß zu dieser Befragung kein psychologisch geprüfter und normierter Fragebogen verwendet wurde.

Es konnte also kein Unterschied zwischen Coffein- und Placebo-Wirkung dargestellt werden. Die Möglichkeit der Darstellung auch mit psychologisch validen Hilfsmitteln erscheint aus der Literatur zweifelhaft. Die Probanden von GOLDSTEIN und Mitarbeitern fühlten sich nach 150 bzw. 300 mg Coffein aufmerksamer und aktiver, zum Teil auch nervöser als vorher (16). V. KLEBELSBERG konnte bei Versuchspersonen, die er als trophotrop eingestuft hatte, ein Gefühl größerer Leistungsfähigkeit nach 100 mg Coffein registrieren (19). Auch SEIFFERT spricht diese Problematik an. Seine Probanden äußerten nach 260 mg Coffein eine Befindensänderung im Sinne des positiven Kaffee-stereotyps nach v. KLEBELSBERG (19), die sich aber mit psychologischen Tests nicht verifizieren ließ (35). Dieser subjektive Eindruck ließ interessanterweise nach 5 bis 6 Stunden nach, einer Zeit also, in der die inkorporierte Dosis auf unter 100 mg wieder abgebaut war, wenn man eine Halbwertszeit von 3 Stunden zugrunde legt. Im Hinblick auf die schon erwähnte Erregbarkeitsgrenze des Gehirns von 2 mg/kg würde das bedeuten, daß auch die subjektive Wirkung bei Sinken des Coffeinspiegels unter diesen Grenzwert nachläßt, wenn sie nicht zum Beispiel durch einen Placebo-Effekt gestützt wird.

Auch DAHME und Mitarbeiter konnten keine Änderung der Befindenseinschätzung nach Coffein nachweisen. So scheint mir diese Befindenseinschätzung mehr von subjektiven Faktoren als von der pharmakodynamischen Wirkung des Coffeins geprägt.

4.3. Beurteilung der Ergebnisse

In dieser Versuchsanordnung konnte keine Wirkung des Coffeins auf das Reaktionsvermögen nachgewiesen werden, ohne daß weitere Parameter berücksichtigt werden mußten.

Die Ursache hierfür sehe ich einmal in der relativ geringen Versuchsdosis, deren Wirkung mit einer erworbenen Toleranz gegen Coffein interferieren dürfte. Zum Zweiten hat der in der Kontrollgruppe verabreichte coffeinfreie Kaffee einen starken Placebo-Effekt zur Folge, der sowohl auf der optimalen Ähnlichkeit zu coffeinhaltigem Kaffee als auch dem Image des Kaffeegetränkes und der damit verbundenen Erwartungshaltung beruhen dürfte.

Als hauptsächlich zu berücksichtigender Parameter stellte sich die gewohnheitsmäßige tägliche Coffeinaufnahme der Versuchspersonen heraus. Es konnte gezeigt werden, daß die Leistungen coffeingewohnter Personen in diesem Versuch nach Aufnahme einer relativ sehr geringen Dosis von den Leistungen der Kontrollprobanden nicht unterschieden werden können. Beim Vergleich mit Leistungen von Personen mit keiner oder nur geringer Gewöhnung lassen sie früher nach, so daß gefolgert werden kann, daß eine der Gewohnheit entsprechende Aufnahme von Coffein und der Placebo-Effekt, der anscheinend mit der Gewohnheit wächst, zunächst keine Unterschiede in ihren Auswirkungen auf das Reaktionsvermögen erkennen lassen, nach einer gewissen Zeit aber der Placebo-Effekt früher nachläßt als die Coffeinwirkung, so daß sich signifikante Unterschiede in Form schnellerer Reaktionszeiten zugunsten der Versuchsgruppe nachweisen lassen.

Will man aus den hier dargestellten Ergebnissen Hinweise auf die Coffeinwirkung im Alltag gewinnen, muß beachtet werden, daß die überwiegende Mehrheit der Versuchspersonen keinerlei Schwierigkeiten hatte, Menge und Tageszeit ihrer Coffeinaufnahme zu beziffern. Das kann darauf schließen lassen, daß es sich bei der Gewohnheit des Kaffeetrinkens um ein relativ konstantes Verhaltensmerkmal handelt. Da eine konstante Coffeinaufnahme anscheinend eine Toleranzbildung nach sich zieht, ist wohl nicht mit einer signifikanten Steigerung des Reaktions-

vermögens durch Coffein unter Alltagsbedingungen zu rechnen. Unberührt von dieser Aussage bleiben allerdings Situationen, in denen Coffein-Mengen aufgenommen werden, die die gewohnte Dosis übersteigen.

Ebenso zeigt die Pupillenweite vor Versuchsbeginn einen Zusammenhang mit dem Ausmaß des gewohnheitsmäßigen Coffeingenusses. Die Pupillenreaktion auf Licht gibt in diesem Zusammenhang keine Hinweise.

Blutdruck und Pulsfrequenz zeigen eine Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen des Versuchsablaufs im Sinne einer Abnahme. Ein Zusammenhang zu anderen Parametern kann aber nicht hergestellt werden.

Eine Einteilung nach Phasen der Leistungsbereitschaft bringt keine diesbezüglichen Unterschiede zutage. Es muß offen bleiben, ob die vermuteten Unterschiede im Reaktionsvermögen unterhalb der Meßgenauigkeit liegen oder durch andere Versuchsbedingungen ausgeglichen werden.

Die subjektive Einschätzung des Befindens zeigt wie Blutdruck und Pulsfrequenz nur einen Zusammenhang mit dem Versuchsablauf.

Die Verteilung der Konstitutionstypen schließlich erschien in dem hier vorliegenden Kollektiv von Versuchspersonen zu eng, um eine statistische Analyse bezüglich des Reaktionsvermögens vornehmen zu können. Deshalb beschränkte ich mich auf die Beschreibung.

5. Zusammenfassung

In einem einfachen Blindversuch wurde an 164 männlichen Probanden im Alter zwischen 18 und 25 Jahren die Wirkung von 2 und 4 Tassen Kaffee mit je 40,5 mg Coffein auf das Reaktionsvermögen in einer Testserie am Wiener Reaktionsgerät untersucht.

Ein Einfluß des Coffeins auf die Reaktionszeit ohne Berücksichtigung weiterer Parameter konnte nicht festgestellt werden. Die Fehlerhäufigkeiten waren für eine eingehende statistische Prüfung zu gering.

Es ergeben sich Hinweise auf eine Abhängigkeit der Coffeinwirkung vom Ausmaß der Gewöhnung, die offenbar eine Toleranzentwicklung nach sich zieht. Der in der Kontrollgruppe auftretende Placebo-Effekt läßt ebenfalls eine Abhängigkeit von der gewohnten mittleren Coffeindosis erkennen, des weiteren von der Versuchsanordnung. Er hat die Stärke der Coffeinwirkung, läßt aber früher nach, so daß sich die Coffeinwirkung erst nach einiger Zeit manifestiert. Diese Effekte werden unter Einbeziehung eines leichten Coffeinentzugsyndroms diskutiert.

Ebenso werden das Verhalten von Blutdruck, Pulsfrequenz und Pupille sowie die Ergebnisse einer subjektiven Befindenseinschätzung besprochen, die weniger eine Abhängigkeit von der Coffeinaufnahme als vom Versuchsablauf zeigen. Eine Einteilung nach Phasen der Leistungsbereitschaft zeigt keine durchgängigen, mit ihr zusammenhängenden Effekte.

Aus dargestellten Gründen folgt der Schluß, daß die Annahme einer Coffeinwirkung auf das Reaktionsvermögen im täglichen Leben bei Dosierungen, die der gewohnheitsmäßigen Aufnahme entsprechen, nicht berechtigt ist.

tabellarischer Anhang :

Unter- gruppe	Pb.- Nr.	Test							
		D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
I;1	5	34,2	23,5	37,1	38,1	29,8	27,9	40,9	42,6
	6	21,2	20,7	34,1	40,0	38,1	24,5	35,1	39,0
	7	26,3	21,4	41,1	39,1	35,4	29,9	38,0	36,9
	17	22,6	20,4	35,6	35,6	30,1	23,4	35,5	32,0
	19	22,4	18,2	41,1	48,9	31,8	26,5	40,1	43,6
	23	29,4	31,0	41,8	54,1	37,0	34,9	50,6	59,4
	28	23,7	17,9	35,1	41,0	37,6	35,9	51,3	45,0
	31	27,2	22,9	38,4	39,0	30,6	25,4	43,6	48,6
	40	23,4	19,7	26,0	38,4	27,9	22,6	31,1	36,4
	41	25,3	24,5	33,4	34,1	28,6	27,2	37,8	49,3
I;2	1	22,7	20,0	32,0	29,8	28,5	27,2	36,4	39,0
	2	23,6	20,4	35,1	34,9	28,3	23,9	30,9	27,9
	8	18,6	16,2	25,9	31,1	24,3	19,4	32,5	33,8
	14	27,6	22,0	46,1	37,3	32,4	23,2	42,0	43,8
	16	20,4	16,9	33,4	33,5	28,3	21,8	36,1	36,6
	18	22,9	19,1	35,3	32,3	33,6	25,4	37,8	37,4
	20	22,5	17,6	41,3	46,1	31,3	22,4	46,5	44,4
	21	24,5	20,9	38,5	42,1	38,4	28,6	58,6	59,8
	22	24,6	20,4	42,6	35,0	33,7	24,7	44,9	37,6
	24	26,9	18,5	33,0	40,4	29,1	26,7	46,4	35,0
	25	25,6	18,9	37,0	37,0	31,0	27,8	42,9	43,3
	27	25,2	19,1	39,4	37,5	40,1	26,0	41,3	46,4
	29	25,5	23,4	45,3	36,6	37,6	26,3	52,5	50,8
	30	24,2	18,8	37,0	33,4	32,9	22,4	42,9	50,1
	32	20,3	18,2	37,8	39,1	22,3	19,9	33,6	34,0
	34	19,2	15,9	24,9	29,6	21,9	20,4	37,5	37,8
	36	20,6	16,4	27,4	36,9	23,6	30,9	35,1	29,1
	38	22,3	19,8	27,6	33,5	33,0	28,0	39,6	40,8
	39	21,9	16,6	33,7	41,7	26,1	25,4	37,9	32,5
I;3	3	25,4	21,3	36,5	39,3	28,7	28,4	41,6	37,9
	4	21,1	17,6	32,3	36,5	27,4	22,4	42,4	35,5
	9	27,9	24,6	44,9	33,6	40,1	35,8	63,3	59,1
	10	23,8	20,6	33,4	33,3	28,1	23,3	31,4	36,0
	11	18,6	17,4	34,1	35,4	27,0	23,9	33,8	38,8
	12	23,1	17,9	33,8	37,1	26,9	24,1	35,8	43,5
	13	20,0	19,7	34,1	33,5	27,9	24,0	39,1	26,4
	15	22,5	17,9	35,3	45,6	33,6	27,6	35,3	39,5
	26	21,3	19,4	41,1	53,1	31,9	26,6	46,9	46,4
	33	24,4	17,9	33,6	33,5	33,0	36,4	33,3	36,4
	35	21,8	17,0	30,1	29,6	31,2	23,9	39,5	37,8
	37	25,0	22,6	33,8	31,1	36,0	28,6	52,8	42,5

Tabelle 21 a: Mittelwerte pro Test der Probanden der Gruppe I, berechnet als arithmetisches Mittel ohne Berücksichtigung der Reaktionszeiten über 99/100 sec; Angaben in 1/100 sec. Pb.-Nr.=laufende Nummer des Probanden innerhalb der Gruppe

Unter- gruppe	Pb.- Nr.	Test							
		D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
II;1	9	21,3	19,2	33,8	38,4	25,9	20,9	42,6	42,9
	10	22,7	18,8	28,5	30,9	29,1	26,1	42,4	42,3
	13	23,9	21,3	30,8	38,8	33,9	27,6	42,0	33,0
	14	25,6	21,2	39,4	43,1	43,9	33,6	38,5	45,1
	19	25,0	21,0	39,9	33,1	39,0	33,3	38,9	45,2
	20	21,9	15,9	30,9	24,1	28,1	25,6	38,1	36,1
	21	20,6	17,4	31,1	42,0	27,6	21,9	42,3	41,9
	24	23,8	19,6	39,9	39,6	29,1	24,6	37,9	44,9
	36	24,9	23,9	31,0	41,0	33,2	27,1	38,0	37,3
	37	22,9	18,9	46,3	45,0	36,0	27,4	55,0	49,1
II;2	1	21,1	17,1	28,1	26,3	24,4	27,2	35,9	36,5
	2	21,8	19,9	47,6	34,4	30,8	24,9	35,9	31,4
	4	28,4	20,9	40,8	47,5	29,6	25,3	48,1	50,8
	5	21,6	18,6	32,1	29,0	25,1	21,4	42,6	42,1
	8	21,9	16,0	30,9	36,8	32,6	23,2	40,1	32,9
	11	24,8	20,6	35,1	40,6	31,0	27,7	43,4	39,4
	12	19,4	16,4	27,6	30,9	26,2	20,4	29,5	33,1
	15	20,6	17,2	28,6	29,4	25,9	24,2	32,1	36,9
	18	24,0	19,8	34,6	37,8	28,8	23,0	37,9	38,5
	23	22,7	19,3	38,8	48,8	29,9	27,7	39,3	49,9
	26	30,0	21,8	48,9	53,9	35,5	29,5	65,6	55,5
	28	25,6	20,5	36,0	40,1	29,0	23,9	41,5	40,6
	30	23,9	19,2	42,5	35,5	36,5	25,9	47,0	52,4
	31	25,4	22,9	35,9	38,1	32,9	25,6	43,9	44,3
	32	22,9	17,0	27,3	32,8	26,4	19,9	33,0	31,5
	33	21,8	16,2	31,1	25,4	27,4	20,4	33,0	30,0
	34	23,1	17,8	35,6	42,6	24,9	21,6	43,0	44,4
	35	26,5	22,4	36,9	40,0	36,9	31,9	54,3	56,1
	38	22,4	17,9	27,3	26,1	31,1	25,9	30,5	32,9
II;3	3	22,4	22,4	45,6	46,0	34,0	29,9	56,6	44,0
	6	21,4	17,9	33,8	32,3	24,6	21,3	33,6	33,4
	7	23,9	19,3	35,0	44,6	30,2	25,7	42,3	45,0
	16	21,6	22,2	32,1	44,4	26,8	24,6	40,3	36,5
	17	24,4	17,6	32,5	41,3	28,4	25,9	35,0	41,9
	22	24,1	19,8	40,0	45,4	30,6	25,1	44,5	56,0
	25	24,9	18,4	43,3	55,8	37,8	26,4	50,0	55,5
	27	27,9	22,3	44,5	49,4	35,4	29,1	47,3	47,4
	29	20,7	15,7	29,1	26,8	26,0	19,9	42,8	35,4
	39	22,6	18,1	41,6	40,9	27,3	23,6	39,0	40,6
	40	23,8	22,6	36,4	40,6	28,7	24,0	33,9	42,5
	41	27,9	26,1	37,0	35,3	38,8	37,0	46,5	36,9

Tabelle 21 b: Mittelwerte pro Test der Probanden der Gruppe II;
sonstige Legende wie Tabelle 21 a.

Unter- gruppe	Pb.- Nr.	Test							
		D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
III;1	3	18,6	16,6	24,8	30,0	20,2	22,4	32,8	32,0
	8	23,8	19,5	33,3	34,3	26,3	24,6	34,9	32,1
	9	25,4	18,8	40,5	41,1	34,5	24,6	52,8	34,4
	11	22,2	19,6	40,3	36,0	34,7	27,5	39,6	38,9
	13	19,7	18,3	28,4	35,6	25,5	21,9	32,0	34,1
	16	21,8	20,3	27,6	35,5	32,6	21,0	33,4	32,3
	26	26,5	20,4	30,0	25,4	28,9	25,2	35,0	38,1
	29	23,1	18,4	45,0	30,9	33,7	24,2	43,5	49,5
	31	20,5	18,3	33,8	37,9	23,0	19,8	29,5	42,8
	41	24,5	20,1	34,1	35,8	24,1	19,4	39,1	36,6
III;2	1	24,6	22,3	35,1	43,8	32,5	26,1	47,4	51,2
	2	23,7	21,0	34,4	38,4	27,4	26,4	38,8	43,1
	4	23,4	21,1	28,4	30,8	33,0	25,0	33,3	28,9
	6	20,8	18,1	34,8	33,8	28,0	22,3	32,0	34,9
	7	26,8	22,1	33,9	35,7	28,9	23,5	37,0	35,9
	12	27,9	22,0	38,1	44,4	35,9	31,7	46,4	41,4
	17	23,2	18,1	31,9	27,8	32,0	27,4	37,6	42,0
	19	23,8	20,5	46,0	38,9	30,9	31,3	43,1	44,1
	21	26,0	19,3	28,6	43,1	39,9	32,4	44,3	51,7
	22	20,6	15,3	31,0	38,5	26,6	22,9	35,3	40,8
	24	24,8	19,3	38,1	37,6	39,3	26,4	39,9	43,1
	27	22,4	19,7	39,6	32,4	31,3	22,6	40,1	39,9
	28	19,6	14,0	42,8	25,1	24,4	21,2	36,4	39,6
	30	22,9	20,8	40,4	35,8	29,2	26,2	41,8	30,3
	32	29,7	22,0	37,1	36,3	35,1	31,2	42,4	35,3
	34	26,4	22,0	33,5	45,6	39,5	32,0	52,9	42,6
	37	25,1	18,9	32,3	36,9	29,6	24,8	38,1	44,4
	39	20,5	20,5	31,1	42,0	27,1	23,9	53,1	47,9
	40	19,9	16,6	33,1	34,1	24,4	21,6	27,4	33,0
III;3	5	20,9	16,9	32,8	24,9	22,5	16,3	29,9	26,9
	10	25,6	20,5	29,4	27,9	32,0	22,1	31,9	30,9
	14	21,2	18,1	45,7	40,6	30,2	22,4	31,3	32,8
	15	27,5	21,4	59,4	54,9	44,1	24,7	41,9	38,8
	18	24,8	21,9	38,5	31,5	31,5	23,6	40,4	40,3
	20	28,5	20,8	44,8	46,6	28,3	27,4	49,9	43,9
	23	25,4	19,8	34,4	33,6	32,1	24,3	42,3	37,6
	25	31,6	21,8	49,1	56,6	38,1	28,6	43,4	43,9
	33	32,2	24,4	36,4	44,8	33,4	25,0	46,6	45,8
	35	25,6	22,1	30,3	35,8	36,1	27,2	46,9	36,1
	36	22,4	18,9	39,6	34,1	31,5	30,5	43,5	35,6
	38	22,9	23,6	38,4	45,0	41,1	29,9	40,6	39,3

Tabelle 21 c: Mittelwerte pro Test der Probanden der Gruppe III;
sonstige Legende wie Tabelle 21 a.

Unter- gruppe	Pb.- Nr.	Test							
		D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
IV;1	7	24,8	22,0	38,4	32,6	28,0	24,9	34,0	38,6
	8	21,6	19,3	30,3	29,5	25,6	22,2	38,9	31,5
	11	20,4	17,7	32,6	44,1	27,1	27,1	51,4	35,4
	12	25,9	21,5	36,5	38,6	31,4	24,5	44,1	36,9
	14	21,9	18,6	30,0	30,0	33,4	21,8	39,5	31,1
	16	20,4	16,9	46,1	44,5	34,9	21,6	45,8	42,3
	21	23,2	17,9	31,6	35,0	26,3	21,6	36,5	30,4
	28	24,1	18,7	40,0	35,3	36,6	29,4	49,3	44,4
	32	23,7	18,6	41,4	46,1	27,3	24,9	49,5	61,4
	36	23,4	19,6	33,3	36,4	27,1	24,6	33,1	33,6
IV;2	1	24,6	23,6	34,8	39,6	34,1	24,7	33,9	46,9
	3	20,5	18,0	34,4	38,8	29,1	26,0	32,5	48,8
	5	30,1	26,3	35,1	40,1	33,2	28,7	42,8	50,6
	17	29,2	25,4	44,9	41,1	30,8	29,0	45,6	39,8
	19	23,7	19,6	32,3	36,5	30,1	25,2	49,5	52,9
	20	22,5	16,9	34,4	38,5	27,7	25,1	44,3	38,0
	22	22,3	23,3	32,0	42,1	29,2	20,9	36,8	42,1
	23	27,4	22,4	38,0	51,6	44,3	34,1	46,8	59,6
	24	22,0	18,4	37,8	33,8	27,1	20,5	42,9	38,9
	26	24,4	22,4	32,1	49,9	33,9	27,5	49,8	42,3
	29	22,9	18,1	38,8	44,1	32,8	22,3	32,6	42,5
	30	26,3	18,6	39,4	41,4	33,6	24,6	47,3	44,1
	31	19,2	15,5	34,9	38,6	24,3	17,4	31,4	28,4
	33	27,2	19,9	35,1	35,6	27,1	22,9	39,1	35,3
	34	22,3	18,6	34,4	33,1	31,2	23,1	33,9	43,1
	35	29,2	19,0	27,1	38,1	30,2	25,5	40,6	40,9
	37	26,0	21,3	35,4	37,0	29,0	26,8	46,0	40,8
	38	21,1	15,9	26,4	27,3	26,9	22,2	35,5	33,8
	40	25,6	23,6	35,8	37,3	32,3	30,0	40,5	49,9
IV;3	2	22,9	19,2	35,1	43,8	29,8	21,1	37,6	36,1
	4	24,6	22,4	31,6	36,8	28,1	24,6	31,5	37,9
	6	23,6	18,7	37,9	37,1	27,9	21,6	37,0	40,5
	9	21,9	18,6	36,6	39,6	26,0	22,6	49,8	49,4
	10	20,9	23,4	33,4	37,4	30,1	26,1	31,5	40,3
	13	19,6	17,1	29,3	29,4	23,9	21,5	31,1	29,0
	15	20,2	17,8	30,5	22,1	25,4	22,1	37,4	33,1
	18	23,7	23,1	45,8	52,0	33,6	31,6	47,4	51,5
	25	23,4	18,9	37,5	40,6	37,4	25,4	39,4	39,4
	27	20,4	21,6	32,5	32,5	26,4	21,6	38,5	27,1
	39	28,4	27,8	33,0	45,6	32,3	29,2	40,9	52,0
	41	28,6	17,6	35,4	42,8	24,3	24,6	37,1	30,9

Tabelle 21 d: Mittelwerte pro Test der Probanden der Gruppe IV;
sonstige Legende wie Tabelle 21 a.

verglichene Gruppen	n ₁	n ₂	$u = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})}{s_U}$							
			D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
ohne/mit	82	82	0,51	0,98	0,28	0,05	0,43	1,45	0,55	1,2
I/III	41	41	0,64	0,87	0,09	0,20	0,13	0,90	0,34	0,9
II/ IV	41	41	0,06	0,64	0,26	0,10	0,59	1,09	0,37	0,2
I/ IV	41	41	0,15	0,41	0,63	1,16	1,33	1,63	0,04	0,0
I/ II	41	41	0,03	0,22	0,15	0,92	0,63	0,46	0,55	0,5
II/III	41	41	0,62	0,84	0,19	1,01	0,57	0,47	0,81	1,7
III/ IV	41	41	0,52	0,28	0,37	1,31	1,17	0,74	0,37	0,8
ohne1/ohne2	20	38	1,13	2,35*	0,43	1,93	1,66	2,10*	0,00	1,1
ohne2/ohne3	38	24	0,03	1,14	0,76	1,40	0,53	1,12	0,53	0,3
ohne1/ohne3	20	24	0,94	1,14	0,33	0,14	1,33	0,98	0,39	0,8
mit1/mit2	20	38	1,72	1,57	0,42	1,73	1,42	2,14*	0,61	2,4
mit2/mit3	38	24	0,07	0,68	0,90	0,44	0,14	1,02	0,56	2,0
mit1/mit3	20	24	1,36	2,10*	0,95	1,33	1,00	1,12	0,06	0,5
ohne1/mit1	20	20	1,57	2,14*	0,66	2,07*	2,38*	2,95*	0,73	2,5
" /mit2	20	38	0,12	0,73	0,47	0,88	1,09	1,39	0,18	0,5
" /mit3	20	24	0,19	0,05	0,22	0,15	0,91	1,89	0,28	1,8
ohne2/mit1	38	20	0,63	0,21	0,22	0,34	0,61	1,43	0,43	1,6
" /mit2	38	38	1,23	1,80	0,11	1,45	0,90	0,90	0,21	0,6
" /mit3	38	24	1,09	2,43*	0,90	1,26	0,57	0,04	0,38	1,3
ohne3/mit1	24	20	0,66	0,52	1,12	1,45	1,28	2,03*	0,97	2,0
" /mit2	24	38	0,90	0,53	0,66	0,33	0,35	0,39	0,37	0,5
" /mit3	24	24	0,85	1,04	0,24	0,03	0,05	0,99	0,91	1,3

Tabelle 22: berechnete Prüfgrößen u zu den in den Abschnitten 3.2.2. und 3.2.3. sowie in Tabelle 2 beschriebenen Vergleichen; bei Fallzahlen von n größer 19 liegen die Werte von U_i ($i=1;2$) in einer Normalverteilung symmetrisch zu $\mu_U = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$. Die Standardabweichung dieser Normalverteilung ist $s_U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$. Der Unterschied ist signifikant, wenn die Prüfgröße u (Formel s.o.) größer wird als ein kritischer Wert. Dieser ist für das Signifikanzniveau von 5 %: $u_{0,05} = 1,96$; für 2 %: $u_{0,02} = 2,33$ und für 1 %: $u_{0,01} = 2,58$. Diese Angaben gelten für eine zweiseitige Fragestellung. Werte von u, die einen signifikanten Unterschied anzeigen, sind mit * gekennzeichnet. Die kritischen Werte wurden einer Tafel in (8) entnommen.

verglichene Untergruppen	kritischer U-Wert		kleinerer U-Wert aus $U_i, i=1;2$							
	5 %	2 %	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
I;1/ I;2	52	44	60	42,5*	84	48,5*	73	59,5	91,5	75,5
II;1/ II;2	52	44	95	78,5	93	79,5	67,5	64	93	76,5
I;2/ I;3	65	56	107	105,5	106	108	111,5	90,5	107,5	101
II;2/ II;3	65	56	107,5	88	81,5	65,5	105	97,5	91	93
I;1/ I;3	29	24	36	30	41,5	51	43,5	47	60	41,5
II;1/ II;3	29	24	55,5	55	40,5	37	49	49,5	46,5	59,5
I;1/ II;1	23	19	34	30,5	38	45	44	44	45,5	46
" / II;2	52	44	65,5	44*	78	62	57	56,5	94,5	79,5
" / II;3	29	24	47	41,5	56	46	43	46,5	50	56
I;2/ II;1	52	44	90,5	71,5	91,5	72	76	70	93	77,5
" / II;2	113	101	170,5	170	168	180	166	173	178,5	176,5
" / II;3	65	56	101	88	94	57,5*	110	101,5	91	95
I;3/ II;1	29	24	52,5	55	51	49	48	55,5	53	46
" / II;2	65	56	99,5	100,5	111	112	92,5	89	111	110
" / II;3	37	31	59	58,5	54	42	66,5	71	58	56,5
II;1/III;2	52	44	72	65,5	77,5	64,5	65,5	49*	62,5	59
IV;1/ IV;2	52	44	64,5	72	89	73	80	76	81,5	55,5
II;2/III;3	65	56	78,5	87,5	77	99	83,5	102	102	85
IV;2/ IV;3	65	56	82,5	114	106,5	112,5	76	94	90,5	75
II;1/III;3	29	24	29,5	26*	35	44,5	37	36,5	41,5	51
IV;1/ IV;3	29	24	56,5	45,5	53,5	53	51	55	40	57
II;1/ IV;1	23	19	47	46,5	40	38,5	38,5	39	29	48
" / IV;2	52	44	61,5	77	76	40*	72	60	63,5	44,5*
" / IV;3	29	24	57	49	51	34	58	47	54	53
II;2/ IV;1	52	44	77	68,5	90	93	75,5	64	82	71,5
" / IV;2	113	101	161,5	162	174,5	141	173,5	152	173,5	151,5
" / IV;3	65	56	95,5	107,5	106,5	96	77	72	88,5	94
II;3/ IV;1	29	24	32,5	30,5	47	52	33,5	44	53	54
" / IV;2	65	56	94,5	100	73,5	113	78,5	110,5	112,5	63*
" / IV;3	37	31	41	61,5	46	68,5	35*	54,5	50	65,5

Tabelle 23 a: geprüfte U-Werte zu den in Tabelle 3a, Abschnitt 3.2.4. beschriebenen Vergleichen. Prüfwert wird der kleinere der beiden U-Werte, die nach folgender Formel berechnet werden:

$$U_i = n_1 n_2 + \frac{n_i(n_i+1)}{2} - T_i \quad \text{wobei } n_i \text{ den Stichprobenumfang und } T_i \text{ die Rangsumme der Stichprobe bedeutet mit } i=1;2.$$

U_2 liegt symmetrisch zu U_1 um $m_U = \frac{n_1 n_2}{2}$. Der Unterschied zweier Stichproben ist signifikant, wenn der kritische Wert erreicht oder unterschritten wird. Signifikante Unterschiede sind mit * gekennzeichnet. Die kritischen Werte wurden einer Tafel in (8) entnommen.

verglichene Untergruppen	kritischer U-Wert		kleinerer U-Wert aus $U_i: i=1;2$							
	5 %	2 %	D1FU1	D1TU1	D1FFU1	D1FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3
I;1/III;1	23	19	28	21,5*	32,5	17,5*	26	17*	32	2
" / III;2	52	44	72,5	63,5	72	62	78	73,5	91,5	7
" / III;3	29	24	58	54,5	48,5	53,5	50,5	44	54	3
" / IV;1	23	19	29	22,5*	42,5	32	25	23,5	43	2
" / IV;2	52	44	81,5	71	72	85	69,5	63	92,5	7
" / IV;3	29	24	37	43	41	52	27,5*	29*	47	4
II;1/III;1	23	19	41,5	37,5	44,5	28,5	29	21,5*	28	2
" / III;2	52	44	87,5	89,5	85	82,5	84	84	93	7
" / III;3	29	24	85,5	41	44	52,5	51	50,5	47	3
" / IV;1	23	19	43,5	39,5	44	45,5	32	29	44	2
" / IV;2	52	44	74	89,5	87,5	93,5	82	73	88	8
" / IV;3	29	24	50	57,5	59	59,5	35,5	36,5	42	4
I;2/III;1	52	44	83	90	80,5	77	81,5	61,5	62,5	5
" / III;2	113	101	181,5	129,5	173,5	161,5	165	146,5	178	16
" / III;3	65	56	64,5*	56,5*	82,5	93	82	103,5	102	8
" / IV;1	52	44	90,5	91	94,5	89	86	79,5	82	7
" / IV;2	113	101	134,5	139	166,5	116,5	172,5	176	173,5	15
" / IV;3	65	56	110,5	83,5	100,5	85	89	97	88,5	9
II;2/III;1	52	44	79,5	93	82,5	79,5	78,5	64,5	68,5	7
" / III;2	113	101	169	142	168,5	171	148	142	178,5	17
" / III;3	65	56	74	63,5*	74	95,5	64*	100,5	106,5	9
" / IV;1	52	44	87,5	93	82	88,5	93	87	75	7
" / IV;2	113	101	145,5	138,5	179	136	150	171	169	14
" / IV;3	65	56	102,5	84,5	109,5	95,5	96,5	104	94	9
I;3/III;1	29	24	57,5	58	46	55	42	32,5	42	4
" / III;2	65	56	96	97,5	112,5	97,5	111	107	107,5	10
" / III;3	37	31	39,5	45	47	58,5	48	68,5	66,5	6
" / IV;1	29	24	58	58,5	58,5	58	47	43	51,5	4
" / IV;2	65	56	80,5	90,5	99	70,5	111,5	98	107	7
" / IV;3	37	31	72	59,5	67,5	55	48,5	47	60	6
II;3/III;1	29	24	45,5	51,5	38,5	24*	43	33	30,5	3
" / III;2	65	56	111	101,5	85	65,5	102	107	91	9
" / III;3	37	31	48,5	64	62,5	61,5	48,5	69	62,5	4
" / IV;1	29	24	47	46	49,5	37,5	51,5	45,5	58	3
" / IV;2	65	56	100,5	105	83,5	80	107,5	103	98	10
" / IV;3	37	31	57	69	53,5	50,5	50,5	55	44	4

Tabelle 23 b: geprüfte U-Werte zu den in Tabelle 3b, Abschnitt 3.2.4. beschriebenen Vergleichen. Sonstige Legende wie Tab. 23a.

Verglichene Untergruppen	kritischer U-Wert		kleinerer U-Wert aus U _{i=1;2}							
	5 %	2 %	D1FU1	D1FU2	D3FFU1	D3FTU1	D3FU1	D3TU1	D3FFU1	D3FTU1
"w."/A"v."	29	24	25*	26*	43	36	39	41,5	42	53
"w."/A"m."	52	44	34,5*	41*	43,5	82	63,5	70,5	76,5	83
"v."/A"m."	65	56	109	107,5	90	79,5	103,5	108	101,5	112,5
"w."/B"v."	57	49	101	95,5	80,5	68,5	87	52*	47*	37,5*
"v."/B"v."	37	31	46,5	30*	45,5	39	50,5	44	39,5	42
"w."/B"w."	45	38	68	64	75	57,5	70	60,5	56	64
"m _K "/"m _V "	17	14	36	32,5	31	40	40	25	25,5	20
	n ₁	n ₂	n							
"w."/B"m."	17	21	0,00	0,00	0,47	2,16*	0,23	0,54	1,44	1,10
"v."/B"m."	12	21	0,19	0,13	0,21	0,56	0,17	1,42	1,20	2,38*
Kontrollgr. le "w./v."	26	16	1,79	1,42	0,13	0,72	0,22	0,44	0,74	0,23
Versuchsg. le "w./v."	24	26	0,18	0,04	0,34	0,98	0,51	1,11	1,48	2,27*

Tabelle 24: Prüfwerte zu den Abschnitten 3.4.2.2. und 3.4.2.3.

Bei Probandenzahlen von n_1 und n_2 kleiner als 20 erfolgte die Prüfung am Tafelwert (8). Hatte eine Untergruppe 20 oder mehr Probanden, wurde an der Normalverteilung der U-Werte geprüft. Entsprechend sind die Vergleiche dem oberen oder unteren Teil der Tabelle zugeteilt. Weitere Erläuterungen s. Legenden zu den Tabellen 23 und 24.

Abkürzungen: w.=wenig, m.=mittel, v.=viel bezüglich der täglichen Coffeinaufnahme. Für den letzten in 3.4.2.2. beschriebenen Vergleiche steht als Kürzel "m_K"/"m_V".

Unter- gruppe	Nr	Pupille			Blutdruck (RR)			Puls (min ⁻¹)			
		Weite	Reaktion		t ₁	t ₂	t ₃	t ₁	t ₂	t ₃	
		w m e	k m v								
A wenig	I;3	9	x	x		120/ 90	120/ 80	115/ 80	80	80	84
		10	x		x	135/ 80	110/ 80	110/ 75	76	76	76
		37	x			145/ 85	140/ 85	125/ 75	72	68	64
	II;1	13	x	x		130/ 90	125/ 80	110/ 90	96	84	68
		14	x		x	150/ 85	125/ 90	130/ 90	72	72	64
		36	x		x	145/100	130/ 90	135/ 90	80	72	72
	II;2	4	x	x		120/ 85	110/ 80	105/ 80	84	72	68
		26	x	x		125/ 65	125/ 65	110/ 70	52	56	48
		33	x		x	115/ 70	120/ 70	115/ 80	68	60	52
		34	x		x	150/ 75	125/ 70	125/ 75	80	76	76
A mittel	I;3	3	x	- - -		125/ 80	120/ 75	110/ 70	84	80	72
		4	x		x	105/ 70	110/ 65	115/ 80	60	60	56
		11	x		x	120/ 70	110/ 65	105/ 65	68	64	56
		13		x	x	160/ 80	145/ 80	135/ 90	80	80	68
		15		x		120/ 80	115/ 80	110/ 75	56	64	60
		26		x	x	115/ 80	105/ 70	110/ 85	68	72	64
		35	x		x	150/ 70	130/ 70	110/ 60	64	64	72
	II;1	9	x		x	120/ 80	110/ 80	110/ 75	80	68	64
		19		x	x	135/ 90	120/ 95	110/ 90	68	60	52
		20	x		x	125/ 90	130/ 95	130/ 90	60	60	56
A viel		24	x		x	125/ 90	115/ 90	110/ 90	72	76	64
		37		x		120/ 65	100/ 65	95/ 70	56	52	48
	II;2	8		x	x	115/ 70	100/ 70	95/ 70	88	76	76
		11		x	x	125/ 80	110/ 80	105/ 70	80	64	60
		15		x		135/ 80	120/ 75	110/ 80	84	68	72
		18		x	x	135/ 85	125/ 85	120/ 90	60	52	52
		23		x	x	120/ 80	110/ 75	115/ 75	80	68	64
		31		x		145/ 90	145/ 90	130/100	100	88	80
		32		x	x	125/ 80	115/ 60	105/ 70	72	68	64
		I;3	12		x	x	130/ 80	110/ 80	110/ 70	68	64

Tabelle 25a: Schätz- und Meßwerte der vegetativen Parameter.

Pupillenweite: w=weit,m=mittel,e=eng.

Pupillenreaktion: k=kaum,m=mittel,v=vollständig.

--- : Schätzung konnte aus technischen Gründen nicht vorgenommen werden

Bezüglich der Gruppeneinteilung s.Abschnitt 3.4.2.1. und Tabelle 15. Nr bedeutet die Nummer des Probanden in Tabelle 21 a bis d des Anhangs.

Unter- gruppe	Nr	Pupille					Blutdruck (RR)			Puls (min ⁻¹)		
		Weite		Reaktion			t ₁	t ₂	t ₃	t ₁	t ₂	t ₃
		w	m	e	k	m						
B w e n i g	III;2	7	x		x		120/ 75	100/ 75	105/ 75	64	60	56
		24		x		x	130/ 90	135/ 95	110/ 80	96	76	68
		30	x		x		105/ 80	120/ 80	110/ 80	76	72	72
		32		x		x	115/ 70	115/ 70	100/ 70	80	80	72
	III;3	40	x		x		135/ 90	125/ 90	135/ 90	76	72	68
		5		x		x	105/ 70	105/ 80	115/ 95	68	64	52
		10	x			x	130/ 85	120/ 90	115/ 80	60	68	60
		23	x		x		130/ 90	125/ 90	120/ 90	76	76	72
	IV;2	35	x		x		160/ 75	135/ 90	135/ 80	84	80	76
		38	x			x	150/ 85	135/ 90	115/ 70	60	72	56
		1	x		-	-	125/ 70	110/ 70	110/ 85	88	82	74
		29	x		x		120/ 80	120/ 95	130/ 90	84	64	68
		30		x		x	140/100	130/ 90	130/ 95	96	92	76
		33		x		x	120/ 80	120/ 90	120/ 80	84	84	76
		34	x		x		150/ 70	120/ 80	120/ 80	72	72	56
		38	x		x		120/ 80	120/ 85	110/ 80	68	64	60
		40	x		x		135/ 90	130/ 90	130/ 90	80	76	64
B m i t t e l	III;2	2	x		x		115/ 80	115/ 70	110/ 80	72	64	64
		4		x	-	-	120/ 80	120/ 75	110/ 85	72	80	68
		6	x			x	135/ 80	125/ 70	115/ 70	68	68	68
		21		x		x	125/ 75	120/ 70	95/ 60	92	92	60
	III;3	22		x	x		140/ 95	135/ 95	125/ 85	76	72	72
		27	x		x		130/ 95	120/ 90	115/ 90	84	68	64
		28	x			x	140/ 80	135/ 80	130/ 85	88	88	84
		34	x		x		150/ 85	140/ 90	120/ 75	60	80	68
	IV;2	14	x			x	140/ 90	115/ 80	120/ 90	80	72	68
		15		x		x	135/ 80	120/ 80	-	72	72	64
		25	x		x		125/ 75	110/ 75	115/ 85	72	60	48
		33		x	x		95/ 70	95/ 65	95/ 70	68	68	72
		17		x		x	125/ 90	115/ 85	115/ 85	72	60	60
		20		x		x	135/ 90	130/ 95	125/ 90	84	76	72
		22		x	x		120/ 75	125/ 75	120/ 75	80	68	56
		23		x		x	120/ 80	110/ 80	110/ 75	60	52	56
B v i e l	III;2	24		x		x	125/ 90	110/ 80	115/ 90	80	72	64
		26		x		x	120/ 80	120/ 80	115/ 85	68	64	64
		31		x		x	100/ 70	95/ 60	120/ 90	76	64	64
		35		x		x	135/ 80	130/ 85	125/ 90	64	76	68
		37		x		x	140/100	135/ 90	130/ 80	84	84	76
		1		x	-	-	110/ 80	115/ 85	110/ 85	64	64	64
		12	x		x		110/ 70	110/ 70	105/ 80	84	72	60
		17	x		x		185/120	155/ 95	145/110	112	64	72
	III;3	19	x		x		130/ 95	140/ 90	110/ 90	96	84	80
		37	x			x	150/ 70	125/ 80	120/ 90	64	72	60
		39		x		x	140/ 80	120/ 80	110/ 80	92	84	80
		18		x		x	140/ 80	125/ 70	120/ 90	76	72	56
		20	x			x	110/ 80	105/ 80	115/ 75	80	80	68
		36		x		x	110/ 70	110/ 70	105/ 65	64	64	64
		3		x		x	100/ 70	95/ 70	100/ 70	60	64	80
		5		x		x	115/ 80	110/ 70	110/ 80	84	76	68
	IV;2	19		x		x	115/ 80	110/ 80	115/ 80	80	64	60

Tabelle 25b: Legende wie Tabelle 25a.

Literaturverzeichnis :

1. Ammon, H.P.T. und H.Künkel
Welche Bedeutung kommt der Chlorogensäure bei der
zentral stimulierenden Wirkung des Kaffeegetränkes zu ?
Deutsche Medizinische Wochenschrift 101 (1976), 460-464
2. Arigoni, G., O. Frye, W. Michiels und Ch. Mottier
Verwertung psychotechnischer Prüfungen zur
Ermittlung der Verkehrstauglichkeit
Med. Welt, N.F., 23, 1153-1155 (1972)
zitiert nach: Zentralblatt für die gesamte Rechtsmedizin
und ihre Grenzgebiete 7 (1974), 3 Nr. 33
3. Bernhard, C.G. und H. Ernestine
Zur Bestimmung von Coffein in Erfrischungsgetränken
und coffeinhaltigen Lebensmittelzubereitungen
Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung
und -forschung 158 (1975), 295-299
4. Brickenkamp, R.
Experimentelle Untersuchungen zur
Beeinflussbarkeit des Reaktionsverhaltens
Psychologie und Praxis 6 (1962), 14-20
5. Buddecke, E.
Grundriß der Biochemie
3. Auflage Berlin, New York 1973
6. Cheney, R.H.
Journal of Pharmacology and
Experimental Therapeutics 53 (1935), 304
zitiert nach 14.a
7. Cheney, R.H.
Journal of Experimental Psychology 19 (1936), 359
zitiert nach 14.a
8. Clauss, G. und H. Ebner
Grundlagen der Statistik
Frankfurt/Main, Zürich 1972
9. Colton, Th., R.P. Smith und R.E. Gosselin
The Tolerance of Coffee Drinkers to Caffeine
Clinical Pharmacology and Therapeutics 9 (1968), 31-39
10. Conrad, K.
Der Konstitutionstypus
2. Auflage Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963

11. Czok, G.
Untersuchungen über die Wirkungen von Kaffee
Zeitschrift für Ernährungswissenschaft
Supplement Nr. 5, Darmstadt 1966
12. Dahme, G., G. Lienert und G. Malorny
Einflüsse von Alkohol und Kaffee auf die
Psychomotorik sowie auf die subjektive
Einschätzung des eigenen Befindens
Zeitschrift für Ernährungswissenschaft
Supplement Nr. 14 (1972), 36-46
13. Püll, B.
Wetter und Gesundheit
Teil 1: Die Reaktionszeitbestimmung als Testmethode
zur Feststellung von Einflüssen des Wetters und der
Sonnentätigkeit auf den gesunden Menschen
Dresden, Leipzig 1941
14. Eichler, O.
Kaffee und Coffein
a) 1. Auflage Berlin 1938
b) 2. Auflage Berlin, Heidelberg, New York 1976
15. Ganong, W. F.
Medizinische Physiologie
2. Auflage Berlin, Heidelberg, New York 1972
16. Goldstein, A., S. Kaizer und R. Warren
Psychotropic Effects of Caffeine in Man
II: Alertness, Psychomotor Coordination, and Mood
Journal of Pharmacology and Experimental
Therapeutics 150 (1965), 146-151
17. Horst, K. und W. C. Jenkins
The Effect of Caffeine, Coffee and Decaffeinated
Coffee upon Blood Pressure, Pulse Rate and Simple
Reaction Time of Men of Various Ages
Journal of Pharmacology and Experimental
Therapeutics 53 (1935), 385-400
18. Khanna, L. H. und H. H. Cornish
The Effect of Daily Ingestion of Caffeine
on the Microsomal Enzymes of Rat Liver
Food and Cosmetics Toxicology 11 (1973), 11-17
19. Klebelsberg, D. v. und A. Mostbeck
Wirken sich mittlere Dosen von Kaffee und Coffein
auf psychische Funktionen der Fahrtüchtigkeit aus ?
Psychologie und Praxis 7 (1963), 23-35

20. Kraepelin, E.
über die Beeinflussung einfacher psychischer
Vorgänge durch einige Arzneimittel
Jena 1892
zitiert nach 14.a
21. Kunkel, H.
ESG-Spektralanalyse der Coffein-Wirkung
Arzneimittel-Forschung 26 (1976), 462-465
22. Kunkel, E.
Reaktion und Fahrtauglichkeit
Archiv für die gesamte Psychologie 115 (1963), 257-268
23. Kunkel, E.
Experimentelle Untersuchungen zur Zuverlässigkeit
von Reaktionsleistungen
Zeitschrift für experimentelle und
angewandte Psychologie 11 (1964), 301-313
24. Kuschinsky, G. und H. Lüllmann
Kurzes Lehrbuch der Pharmakologie
6. Auflage Stuttgart 1974
25. Leuschner, F.
persönliche Mitteilung 1975
26. Luff, K., Th. Vogler und H. Bardony
über den Einfluß des Coffein auf das
Leistungsverhalten am Kugeltestgerät
Zentralblatt für Verkehrs-Medizin, Verkehrs-Psychologie,
Luft- und Raumfahrt-Medizin 10 (1964), 74-83
27. Malorny, G.
Pharmakologie des Coffeins
in: K. Lang, Alkohol und Coffein, Darmstadt 1970, 111-131
28. Müller-Limmroth, W.
Die Wirkung des Kaffees auf die Sinnesfunktionen
und die zentralnervösen Steuerungsmechanismen
Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 15 (1976), 132-142
29. Ketter, P.
Der Placebo-Effekt
Münchener Medizinische Wochenschrift 119 (1977), 203-208
30. Olze, F.
Mißbrauch von Coffein, Alkohol, Nikotin
Zahnärztliche Mitteilungen 63 (1973), 1011-1016

31. Ritchie, J.M.
The Xanthines
in: Goodman, L.S. und A. Gilman
The Pharmacological Basis of Therapeutics
4. Auflage New York 1970, 358-370
32. Schmidt, B.
Stoffwechsel von ¹⁴C-Coffein bei der Ratte
in: K. Lang, Alkohol und Coffein, Darmstadt 1970, 133-141
33. Schwerd, W.
Kurzgefaßtes Lehrbuch der Rechtsmedizin
Köln-Lövenich 1975, 119
34. Seydel, U.
persönliche Mitteilung 1975
35. Seyffert, H.W.
Physiologische und psychologische
Wirkungen von Kaffee und Coffein
Arzneimittel-Forschung 4 (1954), 207-209
36. Siedek, H., H. Hammerl, W. Henk, H.D. Köhn, Ch. Kränzl,
G. Nebosis, O. Pichler und M. Studlar
über den Einfluß von Coffein auf die Tagesprofile
von Metaboliten des Fett- und Kohlehydratstoff-
wechsels sowie die Insulinsekretion
Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft
für Innere Medizin 77 (1971), 606-610
37. Siedek, H., H. Hammerl, W. Henk, H. Köhn, Ch. Kränzl,
O. Pichler und M. Studlar
Die Tagesprofile von Metaboliten des Kohlehydrat-
und Fettstoffwechsels sowie des immunreaktiven
Insulins unter Coffein
Zeitschrift für Ernährungswissenschaft
Supplement Nr. 14 (1972), 19-26
38. Strömberg, U. und B. Waldeck
Further Studies on the Behavioural and Biochemical
Interaction between Caffeine and L-Dopa
Journal of Neural Transmission 34 (1973), 241-252
39. Valzelli, L. und S. Bernasconi
Behavioral and Neurochemical Effects of Caffeine
in Normal and Aggressive Mice
Pharmacology, Biochemistry and Behavior 1 (1973), 251-254
40. Waldeck, B.
Sensitization by Caffeine of Central
Catecholamine Receptors
Journal of Neural Transmission 34 (1973), 61-72

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt an erster Stelle allen meinen Probanden, die durch ihre uneigennützige Mitarbeit diese Untersuchung ermöglicht haben.

Für die freundliche Unterstützung und allzeit vorhandene Diskussionsbereitschaft bin ich den Herren Professoren F. Petersohn und H. Leithoff sowie Herrn Dipl.-Psych. L. Schreiber, alle am Institut für Rechtsmedizin (Leiter: Prof. Dr. H. Leithoff), besonders verpflichtet.

Für die aufwendige statistische Betreuung danke ich Frau Dr. W. Ehrenberg-Kieckebusch vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation (ehemaliger kommissarischer Leiter: Prof. Dr. Dr. S. Koller).

Ebenso wertvolle Hilfe erfuhr ich bei der Durchführung dieser Untersuchung von der Firma Nestlé, Frankfurt/Main, durch Frau Dipl.-Troph. M. Busch-Stockfisch und Herrn Dr. Lange, die die verwendeten Chargen Nescafé zur Verfügung stellten.

Ein letztes Dankeswort soll all denen gelten, die ich namentlich nicht aufgeführt habe, mir aber durch ihre Anteilnahme und Diskussionsbeiträge diese Arbeit erleichtert haben.

Lebenslauf

Ich wurde am 5. Januar 1954 als erstes Kind der Eheleute Georg und Maria Braun, geb. Kiefer, in Mainz geboren.

Von 1960 bis 1964 besuchte ich die Leibnizschule, danach das altsprachliche Staatliche Rabanus-Maurus-Gymnasium, beide in Mainz, und bestand 1972 das Abitur.

Im gleichen Jahr begann ich an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz Medizin zu studieren.

Im Herbst 1974 bestand ich die Ärztliche Vorprüfung, 1975 den Ersten und im Herbst 1977 den Zweiten Teil der Ärztlichen Prüfung.

Danach absolvierte ich das Praktische Jahr mit dem Wahlfach Orthopädie am Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Trier und schloß im Herbst 1978 mit dem Bestehen des Dritten Teiles der Ärztlichen Prüfung mein Medizinisches Staatsexamen ab.

Die Approbation als Arzt wurde mir am 23. November 1978 erteilt.

Das wissenschaftliche Kolloquium zur Promotion fand am 17. Januar 1979 statt.

Zur Zeit arbeite ich in der Abteilung für Anaesthesiologie des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder in Trier.

